

**OPTIMASI MATERIAL KAYU PADA SELUBUNG BANGUNAN
RUMAH TINGGAL TERHADAP SUHU NETRAL DAN NILAI OTTV
(Studi Kasus Rumah Tinggal di Desa Mojosari)**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ULUNG SATRIA SUWARDIYONO
NIM. 105060500111051**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

JUDUL

OPTIMASI MATERIAL KAYU PADA SELUBUNG BANGUNAN RUMAH TINGGAL TERHADAP SUHU NETRAL DAN NILAI OTTV (Studi Kasus Rumah Tinggal di Desa Mojosari)

SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ULUNG SATRIA SUWARDIYONO
NIM. 105060500111051**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI MATERIAL KAYU PADA SELUBUNG BANGUNAN RUMAH TINGGAL TERHADAP SUHU NETRAL DAN NILAI OTTV (Studi Kasus Rumah Tinggal di Desa Mojosari)

SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ULUNG SATRIA SUWARDIYONO
NIM. 105060500111051

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal **16** Januari 2018

Mengetahui
Ketua Program Studi S1 Arsitektur

Dosen Pembimbing

Ir. Heru Sufianto, M. Arch., ST., Ph.D.
NIP. 196502818 199002 1 001

Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19570914 198503 1 002

LEMBAR ORISINALITAS

Saya yang tersebut di bawah ini:

Nama : Ulung Satria Suwardiyono

NIM : 105060500111051

Mahasiswa Jurusan Arsitektur
Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya

Judul Skripsi : Optimasi Material Kayu pada Selubung Bangunan Rumah Tinggal
Terhadap Suhu Netral dan Nilai OTTV
(Studi Kasus Rumah Tinggal di Desa Mojosari)

Dosen Pembimbing : Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya, bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam hasil karya skripsi saya, baik berupa naskah maupun gambar, tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya skripsi yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi. Serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka yang dipergunakan.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur penjiplakan, saya bersedia skripsi dan gelar Sarjana Teknik yang telah diperoleh dibatalkan serta diproses sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 16 Januari 2017

Yang membuat pernyataan,



Ulung Satria Suwardiyono

NIM. 105060500111032

Tembusan :

1. Kepala Laboratorium Sudio Tugas Akhir
2. Jurusan Arsitektur
3. Dosen pembimbing skripsi yang bersangkutan
4. Dosen penasehat akademik yang bersangkutan

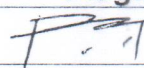


KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : arsftub@ub.ac.id

LEMBAR HASIL
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI

Nama : Ulung Satria Suwardiyono
NIM : 105060500111051
Judul Skripsi : Optimasi Material Kayu pada Selubung Bangunan Rumah
Tinggal terhadap Suhu Netral dan Nilai OTTV
Dosen Pembimbing : Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D
Periode Skripsi : Semester Ganjil 2017 - 2018
Alamat Email : ulunks57@gmail.com

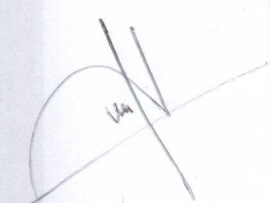
Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Petugas Plagiasi
12 Januari 2018	1	5 (Lima)	
	2		
	3		

Malang, 16 Januari 2018

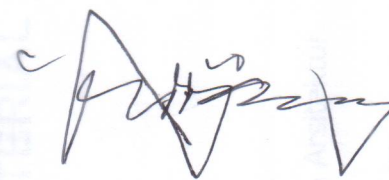
Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Kepala Laboratorium
Dokumentasi Dan Tugas Akhir



Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D
NIP. 19740915 200012 1 001



Ir. Chairil Budiarto Amiuza, MSA
NIP. 19531231 198403 1 009



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 054 /UN10.F07.15/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

ULUNG SATRIA SUWARDIYONO

Dengan Judul Skripsi :

**OPTIMASI MATERIAL KAYU PADA SELUBUNG BANGUNAN RUMAH TINGGAL TERHADAP
SUHU NETRAL DAN NILAI OTTV**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 15 Januari 2018



Ketua Jurusan Arsitektur

Dr. Eng. Herry Santosa, ST, MT
NIP. 19730525 200003 1 004

Ketua Program Studi S1 Arsitektur

Ir. Heru Sufianto, M.Arch, St, Ph.D
NIP. 19650218 199002 1 001

RINGKASAN

Ulung Satria Suwardiyono, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2018, Optimasi Material Kayu pada Selubung Bangunan Rumah Tinggal terhadap Suhu Netral dan Nilai OTTV, Dosen Pembimbing : Agung Murti Nugroho

Material kayu pada selubung bangunan dapat menurunkan suhu dan kelembapan di dalam hunian. Iklim tropis yang tidak nyaman menyebabkan peningkatan penggunaan energi listrik khususnya pada sektor hunian.

Penelitian ini untuk mengetahui optimasi material kayu yang berhasil dalam memenuhi kenyamanan suhu dan upaya konservasi energi.

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode deskriptif dengan pendekatan komparatif, kualitatif, kuantitatif, eksperimen, simulasi, dan evaluasi. Metode komparatif untuk mencari variabel permasalahan. Metode kuantitatif untuk pengumpulan data primer. Metode kualitatif untuk pengumpulan sekunder. Analisis data yang digunakan yaitu analisis visual, analisis pengukuran, analisis simulasi dan analisis matematik. Metode eksperimen untuk uji coba selubung bangunan dan material selubung bangunan. Metode simulasi menggunakan software ecotect analysis. Metode evaluasi untuk mengambil hasil penelitian.

Hasil penelitian ini adalah perubahan selubung bangunan dapat menurunkan suhu ruang dalam sebesar 1.68°C , perbandingan thermal properties material pada atap dan dinding sangat mempengaruhi suhu ruang dalam, perbandingan material pada selubung bangunan yang berhasil adalah density atap lebih besar dari density dinding, specify heat atap lebih besar dari specify heat dinding, dan conductivity atap lebih kecil / sama dengan conductivity dinding, dan penggunaan material bambu pada atap dan balsa pada dinding lebih berhasil dalam tercapainya kenyamanan suhu dan konservasi energi.

Kata kunci: iklim tropis, material kayu, suhu netral, konservasi energi

SUMMARY

Ulung Satria Suwardiyono, *Architecture, Engineering Faculty, Brawijaya University, January 2018, Optimization of Wood Material on Residential Building Envelopes against Neutral Temperatures and OTTV Values, Supervisor : Agung Murti Nugroho*

Wood material on the building envelope can reduce the temperature and humidity in the dwelling. Uncomfortable tropical climate causes increased use of electrical energy, especially in the occupancy sector.

This research is to know the optimization of wood material that succeed in fulfilling temperature and energy conservation effort.

The research method used is descriptive method with comparative approach, qualitative, quantitative, experiment, simulation, and evaluation. Comparative method for finding variable of problem. Quantitative methods for primary data collection. Qualitative method for secondary collection. Data analysis used were visual analysis, measurement analysis, simulation analysis and mathematical analysis. Experimental method for testing of building envelope and building sheath material. The simulation method uses software ecotect analysis. Method of evaluation to take the results of research.

The result of this research is the change of building envelope can decrease room temperature in equal to 1.68°C, thermal properties of material in roof and wall affects the room temperature, material comparison of building envelope is roof density greater than wall density, specify heat roof greater than the specify heat wall, and conductivity of the roof is smaller / equal to conductivity of the wall, and the use of bamboo materials on the roof and balsa on the wall more successful in the achievement of temperature comfort and energy conservation.

Keywords: *tropical climate, wood material, neutral temperature, energy conservation*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Optimasi Material Kayu pada Selubung Bangunan Rumah Tinggal Terhadap Suhu Netral dan Nilai OTTV“. Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak oleh karena itu dalam kesempatan ini saya dengan senang hati menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D. Selaku dosen pembimbing yang baik hati, tulus, dan sabar dalam membimbing penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Heru Sufianto, M. Arch., ST., Ph.D. dan Ibu Wasiska Iyati, ST., MT. Selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan segala kritik dan masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Dwi Suwardiyono dan Ibu Endang Pujiati. Selaku orang tua yang telah banyak memberikan doa, dukungan, dan tekanan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Salamah selaku pemilik rumah tinggal objek penelitian dan narasumber pada saat survey lapangan.
5. Al-khansa Zafranaqila S. dan Bahira Danish Ara S. Selaku adik yang selalu memberi dukungan dan gangguan kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Dimas Fajar Agung P. ST., Rheza Arifputra Rasyidi. ST., dan Isnawan Farid. ST. Selaku saudara yang selalu mendukung dan membantu penulis dalam proses penyusunan skripsi ini
7. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya.

Demikianlah ucapan terima kasih saya ucapkan. Mohon maaf apabila skripsi ini masih jauh dari kata sempurna.

Malang, Januari 2018

Penulis
Ulung Satria Suwardiyono

DAFTAR ISI

.....	
JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR ORISINALITAS	iii
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI.....	iv
SERTIFIKAT PLAGIASI.....	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
DAFTAR ISTILAH	xxvi
DAFTAR SIMBOL.....	xxvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang.....	1
1.1.1.Kebutuhan Rumah Tinggal.....	1
1.1.2.Kondisi Iklim.....	2
1.1.3.Konservasi Energi.....	2
1.1.4.Material Kayu	3

1.1.5.Desa Mojosari.....	4
1.2.Identifikasi Masalah	5
1.3.Rumusan Masalah	5
1.4.Batasan Masalah.....	6
1.5.Tujuan Penelitian.....	7
1.6.Manfaat penelitian	7
1.7.Sistematika Pembahasan	7
1.8.Kerangka Pemikiran	9
 BAB II	 11
TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1.Iklim Tropis Lembab.....	11
2.2.Permukiman Perdesaan	11
2.3.Selubung Bangunan.....	14
2.3.1.Bukaan/ventilasi	14
2.3.2.Atap	15
2.3.3.Dinding.....	16
2.3.4.Tritisan/Shading Device	17
2.4.Indeks Kenyamanan Suhu	18
2.5.Material Bangunan	19
2.6.Karakteristik kayu	20
2.7.Penelitian Terdahulu.....	22
2.7.1.Penelitian 1	22
Kinerja Suhu pada Rumah Tinggal Konstruksi Dinding Bambu Plester	22

2.7.2.Penelitian 2	23
Pengaruh “Thermal Properties” Material Bata Merah Dan Batako Sebagai Dinding, Terhadap Efisien Energi Dalam Ruang Di Surabaya	23
2.7.3.Penelitian 3	24
Pengaruh Material Ruang Pada Kenyamanan Termal Ruang Membatik Yang Menggunakan Skylight (Studi Kasus: Rumah Batik Katura, Plered, Cirebon)	24
2.8.Kerangka Teori	27
 BAB IV	 55
HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1.Lokasi Objek Penelitian.....	55
4.2.Objek Penelitian	58
4.2.1.Eksisting Objek.....	59
4.2.2.Hasil Pengukuran.....	64
4.2.3.Perhitungan OTTV dan RTTV	67
4.3.Analisis Objek penelitian.....	72
4.3.1.Suhu Ruang Sampel.....	72
4.3.2.OTTV Objek.....	77
4.4.Rekomendasi Objek Penelitian.....	78
4.5.Simulasi Objek Penelitian	82
4.5.1.Hasil Simulasi.....	83
4.5.2.Validasi Hasil Simulasi	85
4.6.Simulasi Rekomendasi	88
4.6.1.Hasil Simulasi.....	89
4.6.2.Perbandingan Suhu Asli	91
4.6.3.Perhitungan OTTV dan RTTV	92
4.6.4.Perbandingan OTTV dan RTTV	96

4.6.5. Analisis Hasil	97
4.7. Simulasi Material Bambu	98
4.7.1. Hasil Simulasi	102
4.7.2. Perbandingan Suhu Rekomendasi	106
4.7.3. Perhitungan OTTV dan RTTV	107
4.7.4. Perbandingan OTTV dan RTTV	120
4.7.5. Analisis Hasil	122
4.8. Simulasi Material Kayu Balsa	127
4.8.1. Hasil Simulasi	131
4.8.2. Perbandingan Suhu Rekomendasi	135
4.8.3. Perhitungan OTTV dan RTTV	136
4.8.4. Perbandingan OTTV dan RTTV	150
4.8.5. Analisis Hasil	151
4.9. Simulasi Material Kombinasi (Bambu dan Balsa)	156
4.9.1. Hasil Simulasi	159
4.9.2. Perbandingan Suhu Rekomendasi	162
4.9.3. Perhitungan OTTV dan RTTV	163
4.9.4. Perbandingan OTTV dan RTTV	172
4.9.5. Analisis Hasil	173
4.10. Evaluasi Hasil	177
4.10.1. Penurunan Suhu	177
4.10.2. Suhu Netral	179
4.10.3. OTTV dan RTTV	181
4.10.4. Persentase Evaluasi Hasil	188
4.11. Rekomendasi Evaluasi Hasil	192
4.12. Hasil Evaluasi	194

BAB V	197
KESIMPULAN DAN SARAN	197
4.1.Kesimpulan.....	197
4.2.Penemuan yang Diperoleh.....	197
4.3.Saran	198
 DAFTAR PUSTAKA	 201
 LAMPIRAN.....	 205

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Standar Suhu Nyaman pada Bangunan Gedung	19
Tabel 2. 2. Karakteristik bahan terhadap panas (thermal properties material)	21
Tabel 3. 1. Variabel penelitian	34
Tabel 3. 2. Tabel pemilihan objek penelitian	36
Tabel 3. 3. Material penyusun ruang fungsional pada objek penelitian.....	41
Tabel 3. 4. Luas selubung bangunan pada objek penelitian.....	42
Tabel 3. 5. Tabel detail model objek yang akan diteliti	50
Tabel 4. 1. Suhu Desa Mojosari pada tanggal 11/8/2017 – 11/9/2017	64
Tabel 4. 2. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek asli.....	67
Tabel 4. 3. Nilai WWR pada objek asli.....	68
Tabel 4. 4. Nilai radiasi matahari pada objek asli	68
Tabel 4. 5. Nilai Uw pada objek asli	68
Tabel 4. 6. Nilai TDek dinding pada objek asli.....	68
Tabel 4. 7. Nilai SC pada objek asli	69
Tabel 4. 8. Nilai SF dinding pada objek asli	69
Tabel 4. 9. Nilai Uf pada objek asli.....	69
Tabel 4. 10. Perhitungan nilai OTTV objek asli	69
Tabel 4. 11. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	70
Tabel 4. 12. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek asli	70
Tabel 4. 13. Nilai Ur pada objek asli.....	70
Tabel 4. 14. Nilai TDek atap pada objek asli	71
Tabel 4. 15. Nilai Us pada objek asli	71
Tabel 4. 16. Perhitungan nilai RTTV objek asli.....	71
Tabel 4. 17. Nilai OTTV tiap dinding.....	77

Tabel 4. 18. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV pada objek asli	77
Tabel 4. 19. Nilai RTTV pada objek asli	78
Tabel 4. 20. Faktor yang mempengaruhi nilai RTTV pada objek asli.....	78
Tabel 4. 21. Suhu teras hasil simulasi.....	83
Tabel 4. 22. Suhu ruang tamu hasil simulasi	84
Tabel 4. 23. Suhu ruang keluarga hasil simulasi	84
Tabel 4. 24. Validasi pada teras.....	85
Tabel 4. 25. Validasi pada ruang tamu	86
Tabel 4. 26. Validasi pada ruang keluarga.....	87
Tabel 4. 27. Hasil simulasi rekomendasi	88
Tabel 4. 28. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek rekomendasi	92
Tabel 4. 29. Nilai WWR pada objek rekomendasi	92
Tabel 4. 30. Nilai radiasi matahari pada objek rekomendasi.....	93
Tabel 4. 31. Nilai Uw pada objek rekomendasi.....	93
Tabel 4. 32. Nilai TDek dinding pada objek rekomendasi	93
Tabel 4. 33. Nilai SC pada objek rekomendasi.....	93
Tabel 4. 34. Nilai SF pada objek rekomendasi	94
Tabel 4. 35. Nilai Uf pada objek rekomendasi	94
Tabel 4. 36. Perhitungan nilai OTTV objek rekomendasi	94
Tabel 4. 37. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	95
Tabel 4. 38. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek rekomendasi.....	95
Tabel 4. 39. Nilai Ur pada objek rekomendasi	95
Tabel 4. 40. Nilai TDek atap pada objek rekomendasi.....	95
Tabel 4. 41. Nilai Us pada objek rekomendasi	96
Tabel 4. 42. Perhitungan nilai RTTV objek rekomendasi	96
Tabel 4. 43. Perbandingan nilai OTTV dan RTTV asli dengan rekomendasi.....	96
Tabel 4. 44. Perbedaan faktor yang mempengaruhi nilai OTTV	97

Tabel 4. 45. Hasil pengukuran simulasi bambu 1	99
Tabel 4. 46. Hasil pengukuran simulasi bambu 2	100
Tabel 4. 47. Hasil pengukuran simulasi bambu 3	101
Tabel 4. 48. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek bambu 1	108
Tabel 4. 49. Nilai WWR pada objek bambu 1	108
Tabel 4. 50. Nilai radiasi matahari pada objek bambu 1	108
Tabel 4. 51. Nilai U_w pada objek bambu 1	108
Tabel 4. 52. Nilai T_{Dek} dinding pada objek bambu 1	109
Tabel 4. 53. Nilai SC pada objek bambu 1	109
Tabel 4. 54. Nilai SF pada objek bambu 1	109
Tabel 4. 55. Nilai U_f pada objek bambu 1	109
Tabel 4. 56. Perhitungan nilai OTTV objek bambu 1	110
Tabel 4. 57. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	110
Tabel 4. 58. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek bambu 1	110
Tabel 4. 59. Nilai U_r pada objek bambu 1	111
Tabel 4. 60. Nilai T_{Dek} atap pada objek bambu 1	111
Tabel 4. 61. Nilai U_s pada objek bambu 1	111
Tabel 4. 62. Perhitungan nilai RTTV objek bambu 1	111
Tabel 4. 63. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek bambu 2	112
Tabel 4. 64. Nilai WWR pada objek bambu 2	112
Tabel 4. 65. Nilai radiasi matahari pada objek bambu 2	112
Tabel 4. 66. Nilai U_w pada objek bambu 2	113
Tabel 4. 67. Nilai T_{Dek} dinding pada objek bambu 2	113
Tabel 4. 68. Nilai SC pada objek bambu 2	113
Tabel 4. 69. Nilai SF pada objek bambu 2	113
Tabel 4. 70. Nilai U_f pada objek bambu 2	114
Tabel 4. 71. Perhitungan nilai OTTV objek bambu 2	114

Tabel 4. 72. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	115
Tabel 4. 73. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek bambu 2	115
Tabel 4. 74. Nilai Ur pada objek bambu 2.....	115
Tabel 4. 75. Nilai TDek atap pada objek bambu 2	115
Tabel 4. 76. Nilai Us pada objek bambu 2.....	115
Tabel 4. 77. Perhitungan nilai RTTV objek bambu 2.....	116
Tabel 4. 78. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek bambu 3.....	116
Tabel 4. 79. Nilai WWR pada objek bambu 3.....	117
Tabel 4. 80. Nilai radiasi matahari pada objek bambu 3	117
Tabel 4. 81. Nilai Uw pada objek bambu 3	117
Tabel 4. 82. Nilai TDek dinding pada objek bambu 3.....	117
Tabel 4. 83. Nilai SC pada objek bambu 3	118
Tabel 4. 84. Nilai SF pada objek bambu 3.....	118
Tabel 4. 85. Nilai Uf pada objek bambu 3.....	118
Tabel 4. 86. Perhitungan nilai OTTV objek bambu 3	118
Tabel 4. 87. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total.....	119
Tabel 4. 88. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek bambu 3	119
Tabel 4. 89. Nilai Ur pada objek bambu 3.....	119
Tabel 4. 90. Nilai TDek atap pada objek bambu 3	119
Tabel 4. 91. Nilai Us pada objek bambu 3.....	120
Tabel 4. 92. Perhitungan nilai RTTV objek bambu 3.....	120
Tabel 4. 93. Perbandingan nilai OTTV dan RTTV rekomendasi dengan alternatif bambu	120
Tabel 4. 94. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada alternatif bambu	121
Tabel 4. 95. Thermal properties material bahan alternatif bambu.....	127
Tabel 4. 96. Hasil pengukuran simulasi.....	128

Tabel 4. 97. Hasil pengukuran simulasi	129
Tabel 4. 98. Hasil pengukuran simulasi	130
Tabel 4. 99. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek balsa 1	137
Tabel 4. 100. Nilai WWR pada objek balsa 1	137
Tabel 4. 101. Nilai radiasi matahari pada objek balsa 1	137
Tabel 4. 102. Nilai U_w pada objek balsa 1	137
Tabel 4. 103. Nilai T_{Dek} dinding pada objek balsa 1	138
Tabel 4. 104. Nilai SC pada objek balsa 1	138
Tabel 4. 105. Nilai SF pada objek balsa 1	138
Tabel 4. 106. Nilai U_f pada objek balsa 1	138
Tabel 4. 107. Perhitungan nilai OTTV objek balsa 1	139
Tabel 4. 108. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	139
Tabel 4. 109. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek balsa 1	140
Tabel 4. 110. Nilai U_r pada objek balsa 1	140
Tabel 4. 111. Nilai T_{Dek} atap pada objek balsa 1	140
Tabel 4. 112. Nilai U_s pada objek balsa 1	140
Tabel 4. 113. Perhitungan nilai RTTV objek balsa 1	140
Tabel 4. 114. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek balsa 2	141
Tabel 4. 115. Nilai WWR pada objek balsa 2	141
Tabel 4. 116. Nilai radiasi matahari pada objek balsa 2	142
Tabel 4. 117. Nilai U_w pada objek balsa 2	142
Tabel 4. 118. Nilai T_{Dek} dinding pada objek balsa 2	142
Tabel 4. 119. Nilai SC pada objek balsa 2	142
Tabel 4. 120. Nilai SF pada objek balsa 2	143
Tabel 4. 121. Nilai U_f pada objek balsa 2	143
Tabel 4. 122. Perhitungan nilai OTTV objek balsa 2	143
Tabel 4. 123. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	144

Tabel 4. 124. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek balsa 2.....	144
Tabel 4. 125. Nilai Ur pada objek balsa 2	144
Tabel 4. 126. Nilai TDek atap pada objek balsa 2.....	144
Tabel 4. 127. Nilai Us pada objek balsa 2	145
Tabel 4. 128. Perhitungan nilai RTTV objek balsa 2	145
Tabel 4. 129. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek balsa 3	146
Tabel 4. 130. Nilai WWR pada objek balsa 3	146
Tabel 4. 131. Nilai radiasi matahari pada objek balsa 3	146
Tabel 4. 132. Nilai Uw pada objek balsa 3	146
Tabel 4. 133. Nilai TDek dinding pada objek balsa 3	147
Tabel 4. 134. Nilai SC pada objek balsa 3.....	147
Tabel 4. 135. Nilai SF pada objek balsa 3	147
Tabel 4. 136. Nilai Uf pada objek balsa 3	147
Tabel 4. 137. Perhitungan nilai OTTV objek balsa 3	148
Tabel 4. 138. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	148
Tabel 4. 139. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek balsa 3.....	149
Tabel 4. 140. Nilai Ur pada objek balsa 3	149
Tabel 4. 141. Nilai TDek atap pada objek balsa 3.....	149
Tabel 4. 142. Nilai Us pada objek balsa 3	149
Tabel 4. 143. Perhitungan nilai RTTV objek balsa 3	149
Tabel 4. 144. Perbandingan nilai OTTV dan RTTV rekomendasi dengan alternatif balsa.....	150
Tabel 4. 145. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada alternatif balsa	150
Tabel 4. 146. Thermal properties material bahan alternatif balsa	156
Tabel 4. 147. Hasil pengukuran simulasi.....	157
Tabel 4. 148. Hasil pengukuran simulasi.....	158

Tabel 4. 149. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek kombinasi 1	163
Tabel 4. 150. Nilai WWR pada objek kombinasi 1.....	163
Tabel 4. 151. Nilai radiasi matahari pada objek kombinasi 1	164
Tabel 4. 152. Nilai Uw pada objek kombinasi 1	164
Tabel 4. 153. Nilai TDek dinding pada objek kombinasi 1	164
Tabel 4. 154. Nilai SC pada objek kombinasi 1	164
Tabel 4. 155. Nilai SF pada objek kombinasi 1	165
Tabel 4. 156. Nilai Uf pada objek kombinasi 1.....	165
Tabel 4. 157. Perhitungan nilai OTTV objek kombinasi 1	165
Tabel 4. 158. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	166
Tabel 4. 159. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek kombinasi 1	166
Tabel 4. 160. Nilai Ur pada objek kombinasi 1.....	166
Tabel 4. 161. Nilai TDek atap pada objek kombinasi 1	166
Tabel 4. 162. Nilai Us pada objek kombinasi 1	167
Tabel 4. 163. Perhitungan nilai RTTV objek kombinasi 1	167
Tabel 4. 164. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek kombinasi 2	168
Tabel 4. 165. Nilai WWR pada objek kombinasi 2.....	168
Tabel 4. 166. Nilai radiasi matahari pada objek kombinasi 2	168
Tabel 4. 167. Nilai Uw pada objek kombinasi 2	168
Tabel 4. 168. Nilai TDek dinding pada objek kombinasi 2	169
Tabel 4. 169. Nilai SC pada objek kombinasi 2.....	169
Tabel 4. 170. Nilai SF pada objek kombinasi 2	169
Tabel 4. 171. Nilai Uf pada objek kombinasi 2.....	169
Tabel 4. 172. Perhitungan nilai OTTV objek kombinasi 2	170
Tabel 4. 173. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	170
Tabel 4. 174. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek kombinasi 2	171
Tabel 4. 175. Nilai Ur pada objek kombinasi 2.....	171

Tabel 4. 176. Nilai TDek atap pada objek kombinasi 2	171
Tabel 4. 177. Nilai Us pada objek kombinasi 2.....	171
Tabel 4. 178. Perhitungan nilai RTTV objek kombinasi 2.....	171
Tabel 4. 179. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada alternatif balsa	172
Tabel 4. 180. Thermal properties material bahan alternatif kombinasi	176
Tabel 4. 181. Selubung bangunan pada objek asli dan objek rekomendasi.....	177
Tabel 4. 182. Selubung bangunan pada objek asli dan objek rekomendasi.....	178
Tabel 4. 183. Perbandingan thermal properties material	178
Tabel 4. 184. Suhu ruang dalam dengan suhu netral	179
Tabel 4. 185. Skor durasi suhu ruang dalam dengan suhu netral	180
Tabel 4. 186. Selisih nilai OTTV masing-masing objek dengan SNI	181
Tabel 4. 187. Perbandingan perhitungan nilai OTTV (asli dengan rekomendasi)	182
Tabel 4. 188. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV (asli dengan rekomendasi)	182
Tabel 4. 189. Perbandingan perhitungan nilai OTTV (bata, bambu, dan balsa)	183
Tabel 4. 190. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV (bata, bambu, dan balsa)	183
Tabel 4. 191. Selisih nilai RTTV masing-masing objek dengan SNI	184
Tabel 4. 192. Perbandingan perhitungan nilai RTTV (bata, bambu, dan balsa)	184
Tabel 4. 193. Faktor yang mempengaruhi nilai RTTV (bata, bambu, dan balsa)	185
Tabel 4. 194. Selisih nilai OTTV total masing-masing objek dengan SNI	185
Tabel 4. 195. Persentase faktor yang mempengaruhi nilai OTTV total	186

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 1. Diagram kerangka berpikir.....	9
Gambar 2. 1. Suhu dan kelembapan kota malang (BMKG 2015)	11
Gambar 2. 21. Grafik suhu pada bambu anyaman dan bambu vertikal	22
Gambar 2. 3. Diagram perbandingan panas dinding batako dan bata merah	23
Gambar 2. 4. Skema Penelitian	25
Gambar 2. 5. Diagram kerangka teori	27
Gambar 3. 1. Peta kabupaten Malang.....	34
Gambar 3. 2. Objek penelitian terpilih.....	37
Gambar 3. 3. Foto objek penelitian	40
Gambar 3. 4. Sketsa kondisi sekitar, denah, potongan, dan tampak	41
Gambar 3. 5. Perspektif objek penelitian	41
Gambar 3. 6. Peletakan alat pada objek penelitian.....	43
Gambar 3. 7. Diagram alur penelitian	54
Gambar 4. 1. Peta kabupaten Malang.....	56
Gambar 4. 2. Lokasi Desa Mojosari.....	57
Gambar 4. 3. Lokasi objek penelitian.....	58
Gambar 4. 4. Objek penelitian.....	58
Gambar 4. 5. Kondisi kawasan objek penelitian	59
Gambar 4. 6. Vegetasi sekitar bangunan objek penelitian	60
Gambar 4. 7. Denah objek penelitian	62
Gambar 4. 8. Potongan membujur 1 pada bangunan	63
Gambar 4. 9. Potongan membujur 2 pada bangunan	63
Gambar 4. 10. Potongan melintang 1 dan 2 pada bangunan	63

Gambar 4. 11. Grafik suhu ruang sampel pada objek.....	65
Gambar 4. 12. Grafik suhu netral dan suhu ruang sampel pada objek	72
Gambar 4. 13. Grafik penurunan suhu.....	74
Gambar 4. 14. Perspektif hasil rekomendasi	81
Gambar 4. 15. Tampak hasil rekomendasi	82
Gambar 4. 16. Perspektif model simulasi	82
Gambar 4. 17. Perubahan data cuaca tanggal 11 Agustus 2017 – 11 September 2017	83
Gambar 4. 18. Grafik suhu hasil penerapan rekomendasi pada objek.....	89
Gambar 4. 19. Grafik suhu hasil penerapan rekomendasi pada objek.....	91
Gambar 4. 20. Grafik suhu netral dengan suhu ruang dalam(rekomendasi)	97
Gambar 4. 21. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar(bambu atap)	102
Gambar 4. 22. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar(bambu dinding)	103
Gambar 4. 23. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar(bambu)	105
Gambar 4. 24. Grafik suhu ruang dalam terhadap ruang luar (alternatif bambu)	106
Gambar 4. 25. Grafik pengaruh material atap (bambu)	122
Gambar 4. 26. Grafik pengaruh material dinding (bambu)	123
Gambar 4. 27. Grafik material atap dan dinding (bambu)	125
Gambar 4. 28. Grafik rekomendasi dengan alternatif material bambu.....	126
Gambar 4. 29. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa atap)	131
Gambar 4. 30. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa dinding)	132
Gambar 4. 31. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa)	134
Gambar 4. 32. Grafik suhu ruang dalam terhadap ruang luar (alternatif balsa)	135
Gambar 4. 33. Grafik pengaruh material atap (balsa)	151
Gambar 4. 34. Grafik pengaruh material dinding (balsa)	153
Gambar 4. 35. Grafik pengaruh material atap dan dinding (balsa)	154
Gambar 4. 36. Grafik pengaruh material atap dan dinding (balsa)	156
Gambar 4. 37. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa dan bambu)	159

Gambar 4. 38. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (bambu dan balsa)	160
Gambar 4. 39. Grafik suhu ruang dalam terhadap ruang luar (kombinasi)	162
Gambar 4. 40. Grafik pengaruh material kombinasi (balsa dan bambu)	173
Gambar 4. 41. Grafik pengaruh material kombinasi (bambu dan balsa)	174
Gambar 4. 42. Grafik pengaruh material kombinasi (balsa dan bambu)	176
Gambar 4. 43. Diagram persentase penurunan suhu ruang dalam (maks 5°C)	189
Gambar 4. 44. Diagram persentase kedekatan dengan suhu netral (24.9°C)	190
Gambar 4. 45. Diagram persentase durasi suhu nyaman (22.4°C – 24.9°C)	191
Gambar 4. 46. Persentase selisih dengan SNI (45 Watt/m ²)	192
Gambar 4. 47. Diagram persentase tiap kriteria masing-masing alternatif	193

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Stastistik PLN 2011	205
Lampiran 3. Rumus OTTV dan RTTV (SNI 03 – 6389 – 2000)	213
Lampiran 4. Persentase Rumus OTTV	228
Lampiran 5. Sketsa Denah Objek penelitian	234
Lampiran 6. Foto Objek penelitian	237
Lampiran 7. Gambar Objek Penelitian	240
Lampiran 8. Hasil Pengukuran Ruang Luar Objek Penelitian.....	246
Lampiran 9. Hasil Pengukuran Teras Objek Penelitian.....	251
Lampiran 10. Hasil Pengukuran Ruang Tamu Objek Penelitian.....	256
Lampiran 11. Hasil Pengukuran Ruang Keluarga Objek Penelitian	261
Lampiran 12. Hasil Simulasi Objek Penelitian.....	266
Lampiran 13. Gambar Objek Rekomendasi	279
Lampiran 14. Hasil Simulasi Objek Rekomendasi	282
Lampiran 15. Hasil Simulasi Objek Rekomendasi (Alternatif Bambu)	286
Lampiran 16. Hasil Simulasi Objek Rekomendasi (Alternatif Balsa)	298
Lampiran 17. Hasil Simulasi Objek Rekomendasi (Alternatif Kombinasi)	310

DAFTAR ISTILAH

Absorbtansi radiasi matahari : Nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan yang ditentukan pula oleh warna bahan tersebut.

Badan Pusat Statistik : Lembaga pemerintah Non kementerian yang bertanggung jawab langsung kepada presiden

Equivalent Temperature Difference (TDek) : Beda antara temperatur ruangan dan temperatur dinding luar atau atap yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperatur udara luar untuk keadaan yang dianggap konsisten yang menimbulkan aliran kalor melalui dinding atau atap, yang ekuivalen dengan aliran kalor sesungguhnya.

Fisiologis : Kebutuhan yang paling mendasar dari serangkaian kebutuhan manusia untuk mempertahankan hidup secara fisik

Higrokopis : Kemampuan suatu zat untuk menyerap molekul air dari lingkungan.

Kementerian Perumahan Rakyat : Kementerian dalam pemerintah Indonesia yang membidangi urusan pekerjaan umum dan perumahan rakyat

Konservasi energi : Penggunaan energi dengan efisien dan rasional tanpa harus mengurangi penggunaannya.

Overall Thermal Transfer Value (OTTV) : Suatu nilai perpindahan kalor menyeluruh yang terjadi pada dinding dengan orientasi tertentu

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) : Pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan listrik

Perusahaan Listrik Negara : Badan Usaha Milik Negara yang mengusrusi semua aspek kelistrikan yang ada di Indonesia

Roof Thermal Transfer Value (RTTV) : suatu nilai perpindahan kalor menyeluruh yang terjadi pada atap.

Shading Device : Salah satu elemen penyusun bangunan yang berfungsi untuk alat peneduh dan sebagai pelindung bagian bangunan yang ternaungi olehnya.

Skylight : Salah satu alat peneduh yang dapat meneruskan sinar matahari

Standar Nasional Indonesia (SNI) : Ketentuan yang telah dirumuskan dan direncanakan oleh teknisi dan ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional

DAFTAR SIMBOL

A j	= Luas jendela
A w	= Luas dinding
A r	= Luas atap
A s	= Luas skylight
A tdj	= Luas bukaan tidak terteduhi
A tds	= Luas skylight tidak terteduhi
B w	= Bahan dinding
B r	= Bahan atap
Den w	= Density dinding
Den r	= Density atap
I	= Induk
K k	= Konduktiviti kaca
K r	= Konduktiviti atap
K s	= Konduktiviti skylight
K w	= Konduktiviti dinding
O w	= Orientasi dinding
O r	= Orientasi atap
OTTV	= <i>Overall Thermal Transfer Value</i>
R ck	= Resistansi thermal kaca
R cs	= Resistansi thermal skylight
Rk w	= Resistansi thermal dinding
Rk r	= Resistansi thermal atap
RTTV	= Roof Thermal Transfer Value
R ul	= Resistansi thermal permukaan luar
R up	= Resistansi thermal permukaan dalam
SC w	= Koefisien peneduh dinding
SC k	= Koefisien peneduh kaca
SC ej	= Koefisien peneduh alat peneduh jendela
SC r	= Koefisien peneduh atap
SF r	= Radiasi matahari atap
SF w	= Radiasi matahari dinding
SC es	= Koefisien peneduh alat peneduh skylight
SC s	= Koefisien peneduh skylight
T 1	= Tingkat 1
T 2	= Tingkat 2,
T 3	= Tingkat 3
TDek w	= Beda temperatur ekuivalen dinding
TDek r	= Beda temperatur ekuivalen atap
t k	= Tebal kaca
t r	= Tebal atap
T rd	= Suhu ruang dalam
T rl	= Suhu ruang dalam
t w	= Tebal dinding
t s	= Tebal skylight
U j	= Nilai transmitansi thermal jendela
U w	= Transmitansi thermal dinding
U s	= Transmitansi thermal skylight

U_r	= Nilai transmitansi thermal atap
W_w	= Warna dinding
W_r	= Warna atap
α_w	= Koefisien radiasi matahari dinding
α_r	= Koefisien radiasi matahari atap
ΔT	= Beda temperatur ruang luar dengan ruang dalam.

DAFTAR ISI

.....	
JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR ORISINALITAS	iii
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI.....	iv
SERTIFIKAT PLAGIASI.....	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
DAFTAR ISTILAH	xxvi
DAFTAR SIMBOL.....	xxvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang.....	1
1.1.1.Kebutuhan Rumah Tinggal.....	1
1.1.2.Kondisi Iklim.....	2
1.1.3.Konservasi Energi.....	2
1.1.4.Material Kayu	3

1.1.5.Desa Mojosari.....	4
1.2.Identifikasi Masalah	5
1.3.Rumusan Masalah	5
1.4.Batasan Masalah.....	6
1.5.Tujuan Penelitian.....	7
1.6.Manfaat penelitian	7
1.7.Sistematika Pembahasan	7
1.8.Kerangka Pemikiran	9
 BAB II	 11
TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1.Iklim Tropis Lembab.....	11
2.2.Permukiman Perdesaan	11
2.3.Selubung Bangunan.....	14
2.3.1.Bukaan/ventilasi	14
2.3.2.Atap	15
2.3.3.Dinding.....	16
2.3.4.Tritisan/Shading Device	17
2.4.Indeks Kenyamanan Suhu	18
2.5.Material Bangunan	19
2.6.Karakteristik kayu	20
2.7.Penelitian Terdahulu.....	22
2.7.1.Penelitian 1	22
Kinerja Suhu pada Rumah Tinggal Konstruksi Dinding Bambu Plester	22

2.7.2.Penelitian 2	23
Pengaruh “Thermal Properties” Material Bata Merah Dan Batako Sebagai Dinding, Terhadap Efisien Energi Dalam Ruang Di Surabaya	23
2.7.3.Penelitian 3	24
Pengaruh Material Ruang Pada Kenyamanan Termal Ruang Membatik Yang Menggunakan Skylight (Studi Kasus: Rumah Batik Katura, Plered, Cirebon)	24
2.8.Kerangka Teori	27
 BAB IV	 55
HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1.Lokasi Objek Penelitian.....	55
4.2.Objek Penelitian	58
4.2.1.Eksisting Objek.....	59
4.2.2.Hasil Pengukuran.....	64
4.2.3.Perhitungan OTTV dan RTTV	67
4.3.Analisis Objek penelitian.....	72
4.3.1.Suhu Ruang Sampel.....	72
4.3.2.OTTV Objek.....	77
4.4.Rekomendasi Objek Penelitian.....	78
4.5.Simulasi Objek Penelitian	82
4.5.1.Hasil Simulasi.....	83
4.5.2.Validasi Hasil Simulasi	85
4.6.Simulasi Rekomendasi	88
4.6.1.Hasil Simulasi.....	89
4.6.2.Perbandingan Suhu Asli	91
4.6.3.Perhitungan OTTV dan RTTV	92
4.6.4.Perbandingan OTTV dan RTTV	96

4.6.5. Analisis Hasil	97
4.7. Simulasi Material Bambu	98
4.7.1. Hasil Simulasi.....	102
4.7.2. Perbandingan Suhu Rekomendasi	106
4.7.3. Perhitungan OTTV dan RTTV	107
4.7.4. Perbandingan OTTV dan RTTV	120
4.7.5. Analisis Hasil	122
4.8. Simulasi Material Kayu Balsa	127
4.8.1. Hasil Simulasi.....	131
4.8.2. Perbandingan Suhu Rekomendasi	135
4.8.3. Perhitungan OTTV dan RTTV	136
4.8.4. Perbandingan OTTV dan RTTV	150
4.8.5. Analisis Hasil	151
4.9. Simulasi Material Kombinasi (Bambu dan Balsa)	156
4.9.1. Hasil Simulasi.....	159
4.9.2. Perbandingan Suhu Rekomendasi	162
4.9.3. Perhitungan OTTV dan RTTV	163
4.9.4. Perbandingan OTTV dan RTTV	172
4.9.5. Analisis Hasil	173
4.10. Evaluasi Hasil.....	177
4.10.1. Penurunan Suhu.....	177
4.10.2. Suhu Netral.....	179
4.10.3. OTTV dan RTTV	181
4.10.4. Persentase Evaluasi Hasil.....	188
4.11. Rekomendasi Evaluasi Hasil	192
4.12. Hasil Evaluasi	194

BAB V	197
KESIMPULAN DAN SARAN	197
4.1.Kesimpulan.....	197
4.2.Penemuan yang Diperoleh.....	197
4.3.Saran	198
 DAFTAR PUSTAKA	 201
 LAMPIRAN.....	 205

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Standar Suhu Nyaman pada Bangunan Gedung	19
Tabel 2. 2. Karakteristik bahan terhadap panas (thermal properties material)	21
Tabel 3. 1. Variabel penelitian	34
Tabel 3. 2. Tabel pemilihan objek penelitian	36
Tabel 3. 3. Material penyusun ruang fungsional pada objek penelitian.....	41
Tabel 3. 4. Luas selubung bangunan pada objek penelitian.....	42
Tabel 3. 5. Tabel detail model objek yang akan diteliti	50
Tabel 4. 1. Suhu Desa Mojosari pada tanggal 11/8/2017 – 11/9/2017	64
Tabel 4. 2. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek asli.....	67
Tabel 4. 3. Nilai WWR pada objek asli.....	68
Tabel 4. 4. Nilai radiasi matahari pada objek asli	68
Tabel 4. 5. Nilai Uw pada objek asli	68
Tabel 4. 6. Nilai TDek dinding pada objek asli.....	68
Tabel 4. 7. Nilai SC pada objek asli	69
Tabel 4. 8. Nilai SF dinding pada objek asli	69
Tabel 4. 9. Nilai Uf pada objek asli.....	69
Tabel 4. 10. Perhitungan nilai OTTV objek asli	69
Tabel 4. 11. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	70
Tabel 4. 12. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek asli	70
Tabel 4. 13. Nilai Ur pada objek asli.....	70
Tabel 4. 14. Nilai TDek atap pada objek asli	71
Tabel 4. 15. Nilai Us pada objek asli	71
Tabel 4. 16. Perhitungan nilai RTTV objek asli.....	71
Tabel 4. 17. Nilai OTTV tiap dinding.....	77

Tabel 4. 18. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV pada objek asli	77
Tabel 4. 19. Nilai RTTV pada objek asli	78
Tabel 4. 20. Faktor yang mempengaruhi nilai RTTV pada objek asli.....	78
Tabel 4. 21. Suhu teras hasil simulasi.....	83
Tabel 4. 22. Suhu ruang tamu hasil simulasi	84
Tabel 4. 23. Suhu ruang keluarga hasil simulasi	84
Tabel 4. 24. Validasi pada teras.....	85
Tabel 4. 25. Validasi pada ruang tamu	86
Tabel 4. 26. Validasi pada ruang keluarga.....	87
Tabel 4. 27. Hasil simulasi rekomendasi	88
Tabel 4. 28. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek rekomendasi	92
Tabel 4. 29. Nilai WWR pada objek rekomendasi	92
Tabel 4. 30. Nilai radiasi matahari pada objek rekomendasi.....	93
Tabel 4. 31. Nilai Uw pada objek rekomendasi.....	93
Tabel 4. 32. Nilai TDek dinding pada objek rekomendasi	93
Tabel 4. 33. Nilai SC pada objek rekomendasi.....	93
Tabel 4. 34. Nilai SF pada objek rekomendasi	94
Tabel 4. 35. Nilai Uf pada objek rekomendasi	94
Tabel 4. 36. Perhitungan nilai OTTV objek rekomendasi	94
Tabel 4. 37. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	95
Tabel 4. 38. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek rekomendasi.....	95
Tabel 4. 39. Nilai Ur pada objek rekomendasi	95
Tabel 4. 40. Nilai TDek atap pada objek rekomendasi.....	95
Tabel 4. 41. Nilai Us pada objek rekomendasi	96
Tabel 4. 42. Perhitungan nilai RTTV objek rekomendasi	96
Tabel 4. 43. Perbandingan nilai OTTV dan RTTV asli dengan rekomendasi.....	96
Tabel 4. 44. Perbedaan faktor yang mempengaruhi nilai OTTV	97

Tabel 4. 45. Hasil pengukuran simulasi bambu 1	99
Tabel 4. 46. Hasil pengukuran simulasi bambu 2	100
Tabel 4. 47. Hasil pengukuran simulasi bambu 3	101
Tabel 4. 48. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek bambu 1	108
Tabel 4. 49. Nilai WWR pada objek bambu 1	108
Tabel 4. 50. Nilai radiasi matahari pada objek bambu 1	108
Tabel 4. 51. Nilai U_w pada objek bambu 1	108
Tabel 4. 52. Nilai T_{Dek} dinding pada objek bambu 1	109
Tabel 4. 53. Nilai SC pada objek bambu 1	109
Tabel 4. 54. Nilai SF pada objek bambu 1	109
Tabel 4. 55. Nilai U_f pada objek bambu 1	109
Tabel 4. 56. Perhitungan nilai OTTV objek bambu 1	110
Tabel 4. 57. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	110
Tabel 4. 58. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek bambu 1	110
Tabel 4. 59. Nilai U_r pada objek bambu 1	111
Tabel 4. 60. Nilai T_{Dek} atap pada objek bambu 1	111
Tabel 4. 61. Nilai U_s pada objek bambu 1	111
Tabel 4. 62. Perhitungan nilai RTTV objek bambu 1	111
Tabel 4. 63. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek bambu 2	112
Tabel 4. 64. Nilai WWR pada objek bambu 2	112
Tabel 4. 65. Nilai radiasi matahari pada objek bambu 2	112
Tabel 4. 66. Nilai U_w pada objek bambu 2	113
Tabel 4. 67. Nilai T_{Dek} dinding pada objek bambu 2	113
Tabel 4. 68. Nilai SC pada objek bambu 2	113
Tabel 4. 69. Nilai SF pada objek bambu 2	113
Tabel 4. 70. Nilai U_f pada objek bambu 2	114
Tabel 4. 71. Perhitungan nilai OTTV objek bambu 2	114

Tabel 4. 72. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	115
Tabel 4. 73. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek bambu 2	115
Tabel 4. 74. Nilai Ur pada objek bambu 2.....	115
Tabel 4. 75. Nilai TDek atap pada objek bambu 2	115
Tabel 4. 76. Nilai Us pada objek bambu 2.....	115
Tabel 4. 77. Perhitungan nilai RTTV objek bambu 2.....	116
Tabel 4. 78. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek bambu 3.....	116
Tabel 4. 79. Nilai WWR pada objek bambu 3.....	117
Tabel 4. 80. Nilai radiasi matahari pada objek bambu 3	117
Tabel 4. 81. Nilai Uw pada objek bambu 3	117
Tabel 4. 82. Nilai TDek dinding pada objek bambu 3.....	117
Tabel 4. 83. Nilai SC pada objek bambu 3	118
Tabel 4. 84. Nilai SF pada objek bambu 3.....	118
Tabel 4. 85. Nilai Uf pada objek bambu 3.....	118
Tabel 4. 86. Perhitungan nilai OTTV objek bambu 3	118
Tabel 4. 87. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total.....	119
Tabel 4. 88. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek bambu 3	119
Tabel 4. 89. Nilai Ur pada objek bambu 3.....	119
Tabel 4. 90. Nilai TDek atap pada objek bambu 3	119
Tabel 4. 91. Nilai Us pada objek bambu 3.....	120
Tabel 4. 92. Perhitungan nilai RTTV objek bambu 3.....	120
Tabel 4. 93. Perbandingan nilai OTTV dan RTTV rekomendasi dengan alternatif bambu	120
Tabel 4. 94. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada alternatif bambu	121
Tabel 4. 95. Thermal properties material bahan alternatif bambu.....	127
Tabel 4. 96. Hasil pengukuran simulasi.....	128

Tabel 4. 97. Hasil pengukuran simulasi	129
Tabel 4. 98. Hasil pengukuran simulasi	130
Tabel 4. 99. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek balsa 1	137
Tabel 4. 100. Nilai WWR pada objek balsa 1	137
Tabel 4. 101. Nilai radiasi matahari pada objek balsa 1	137
Tabel 4. 102. Nilai U_w pada objek balsa 1	137
Tabel 4. 103. Nilai T_{Dek} dinding pada objek balsa 1	138
Tabel 4. 104. Nilai SC pada objek balsa 1	138
Tabel 4. 105. Nilai SF pada objek balsa 1	138
Tabel 4. 106. Nilai U_f pada objek balsa 1	138
Tabel 4. 107. Perhitungan nilai OTTV objek balsa 1	139
Tabel 4. 108. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	139
Tabel 4. 109. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek balsa 1	140
Tabel 4. 110. Nilai U_r pada objek balsa 1	140
Tabel 4. 111. Nilai T_{Dek} atap pada objek balsa 1	140
Tabel 4. 112. Nilai U_s pada objek balsa 1	140
Tabel 4. 113. Perhitungan nilai RTTV objek balsa 1	140
Tabel 4. 114. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek balsa 2	141
Tabel 4. 115. Nilai WWR pada objek balsa 2	141
Tabel 4. 116. Nilai radiasi matahari pada objek balsa 2	142
Tabel 4. 117. Nilai U_w pada objek balsa 2	142
Tabel 4. 118. Nilai T_{Dek} dinding pada objek balsa 2	142
Tabel 4. 119. Nilai SC pada objek balsa 2	142
Tabel 4. 120. Nilai SF pada objek balsa 2	143
Tabel 4. 121. Nilai U_f pada objek balsa 2	143
Tabel 4. 122. Perhitungan nilai OTTV objek balsa 2	143
Tabel 4. 123. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	144

Tabel 4. 124. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek balsa 2.....	144
Tabel 4. 125. Nilai Ur pada objek balsa 2	144
Tabel 4. 126. Nilai TDek atap pada objek balsa 2.....	144
Tabel 4. 127. Nilai Us pada objek balsa 2	145
Tabel 4. 128. Perhitungan nilai RTTV objek balsa 2	145
Tabel 4. 129. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek balsa 3	146
Tabel 4. 130. Nilai WWR pada objek balsa 3	146
Tabel 4. 131. Nilai radiasi matahari pada objek balsa 3	146
Tabel 4. 132. Nilai Uw pada objek balsa 3	146
Tabel 4. 133. Nilai TDek dinding pada objek balsa 3	147
Tabel 4. 134. Nilai SC pada objek balsa 3.....	147
Tabel 4. 135. Nilai SF pada objek balsa 3	147
Tabel 4. 136. Nilai Uf pada objek balsa 3	147
Tabel 4. 137. Perhitungan nilai OTTV objek balsa 3	148
Tabel 4. 138. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	148
Tabel 4. 139. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek balsa 3.....	149
Tabel 4. 140. Nilai Ur pada objek balsa 3	149
Tabel 4. 141. Nilai TDek atap pada objek balsa 3.....	149
Tabel 4. 142. Nilai Us pada objek balsa 3	149
Tabel 4. 143. Perhitungan nilai RTTV objek balsa 3	149
Tabel 4. 144. Perbandingan nilai OTTV dan RTTV rekomendasi dengan alternatif balsa.....	150
Tabel 4. 145. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada alternatif balsa	150
Tabel 4. 146. Thermal properties material bahan alternatif balsa	156
Tabel 4. 147. Hasil pengukuran simulasi.....	157
Tabel 4. 148. Hasil pengukuran simulasi.....	158

Tabel 4. 149. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek kombinasi 1	163
Tabel 4. 150. Nilai WWR pada objek kombinasi 1.....	163
Tabel 4. 151. Nilai radiasi matahari pada objek kombinasi 1	164
Tabel 4. 152. Nilai Uw pada objek kombinasi 1	164
Tabel 4. 153. Nilai TDek dinding pada objek kombinasi 1	164
Tabel 4. 154. Nilai SC pada objek kombinasi 1	164
Tabel 4. 155. Nilai SF pada objek kombinasi 1	165
Tabel 4. 156. Nilai Uf pada objek kombinasi 1.....	165
Tabel 4. 157. Perhitungan nilai OTTV objek kombinasi 1	165
Tabel 4. 158. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	166
Tabel 4. 159. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek kombinasi 1	166
Tabel 4. 160. Nilai Ur pada objek kombinasi 1.....	166
Tabel 4. 161. Nilai TDek atap pada objek kombinasi 1	166
Tabel 4. 162. Nilai Us pada objek kombinasi 1	167
Tabel 4. 163. Perhitungan nilai RTTV objek kombinasi 1	167
Tabel 4. 164. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek kombinasi 2	168
Tabel 4. 165. Nilai WWR pada objek kombinasi 2.....	168
Tabel 4. 166. Nilai radiasi matahari pada objek kombinasi 2	168
Tabel 4. 167. Nilai Uw pada objek kombinasi 2	168
Tabel 4. 168. Nilai TDek dinding pada objek kombinasi 2	169
Tabel 4. 169. Nilai SC pada objek kombinasi 2.....	169
Tabel 4. 170. Nilai SF pada objek kombinasi 2	169
Tabel 4. 171. Nilai Uf pada objek kombinasi 2.....	169
Tabel 4. 172. Perhitungan nilai OTTV objek kombinasi 2	170
Tabel 4. 173. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total	170
Tabel 4. 174. Nilai absorbtansi radiasi matahari pada objek kombinasi 2	171
Tabel 4. 175. Nilai Ur pada objek kombinasi 2.....	171

Tabel 4. 176. Nilai TDek atap pada objek kombinasi 2	171
Tabel 4. 177. Nilai Us pada objek kombinasi 2.....	171
Tabel 4. 178. Perhitungan nilai RTTV objek kombinasi 2.....	171
Tabel 4. 179. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada alternatif balsa	172
Tabel 4. 180. Thermal properties material bahan alternatif kombinasi	176
Tabel 4. 181. Selubung bangunan pada objek asli dan objek rekomendasi.....	177
Tabel 4. 182. Selubung bangunan pada objek asli dan objek rekomendasi.....	178
Tabel 4. 183. Perbandingan thermal properties material	178
Tabel 4. 184. Suhu ruang dalam dengan suhu netral	179
Tabel 4. 185. Skor durasi suhu ruang dalam dengan suhu netral	180
Tabel 4. 186. Selisih nilai OTTV masing-masing objek dengan SNI	181
Tabel 4. 187. Perbandingan perhitungan nilai OTTV (asli dengan rekomendasi)	182
Tabel 4. 188. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV (asli dengan rekomendasi)	182
Tabel 4. 189. Perbandingan perhitungan nilai OTTV (bata, bambu, dan balsa)	183
Tabel 4. 190. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV (bata, bambu, dan balsa)	183
Tabel 4. 191. Selisih nilai RTTV masing-masing objek dengan SNI	184
Tabel 4. 192. Perbandingan perhitungan nilai RTTV (bata, bambu, dan balsa)	184
Tabel 4. 193. Faktor yang mempengaruhi nilai RTTV (bata, bambu, dan balsa)	185
Tabel 4. 194. Selisih nilai OTTV total masing-masing objek dengan SNI	185
Tabel 4. 195. Persentase faktor yang mempengaruhi nilai OTTV total	186

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 1. Diagram kerangka berpikir.....	9
Gambar 2. 1. Suhu dan kelembapan kota malang (BMKG 2015)	11
Gambar 2. 21. Grafik suhu pada bambu anyaman dan bambu vertikal	22
Gambar 2. 3. Diagram perbandingan panas dinding batako dan bata merah	23
Gambar 2. 4. Skema Penelitian	25
Gambar 2. 5. Diagram kerangka teori	27
Gambar 3. 1. Peta kabupaten Malang.....	34
Gambar 3. 2. Objek penelitian terpilih.....	37
Gambar 3. 3. Foto objek penelitian	40
Gambar 3. 4. Sketsa kondisi sekitar, denah, potongan, dan tampak	41
Gambar 3. 5. Perspektif objek penelitian	41
Gambar 3. 6. Peletakan alat pada objek penelitian.....	43
Gambar 3. 7. Diagram alur penelitian	54
Gambar 4. 1. Peta kabupaten Malang.....	56
Gambar 4. 2. Lokasi Desa Mojosari.....	57
Gambar 4. 3. Lokasi objek penelitian.....	58
Gambar 4. 4. Objek penelitian.....	58
Gambar 4. 5. Kondisi kawasan objek penelitian	59
Gambar 4. 6. Vegetasi sekitar bangunan objek penelitian	60
Gambar 4. 7. Denah objek penelitian	62
Gambar 4. 8. Potongan membujur 1 pada bangunan	63
Gambar 4. 9. Potongan membujur 2 pada bangunan	63
Gambar 4. 10. Potongan melintang 1 dan 2 pada bangunan	63

Gambar 4. 11. Grafik suhu ruang sampel pada objek.....	65
Gambar 4. 12. Grafik suhu netral dan suhu ruang sampel pada objek	72
Gambar 4. 13. Grafik penurunan suhu.....	74
Gambar 4. 14. Perspektif hasil rekomendasi	81
Gambar 4. 15. Tampak hasil rekomendasi	82
Gambar 4. 16. Perspektif model simulasi	82
Gambar 4. 17. Perubahan data cuaca tanggal 11 Agustus 2017 – 11 September 2017	83
Gambar 4. 18. Grafik suhu hasil penerapan rekomendasi pada objek.....	89
Gambar 4. 19. Grafik suhu hasil penerapan rekomendasi pada objek.....	91
Gambar 4. 20. Grafik suhu netral dengan suhu ruang dalam(rekomendasi)	97
Gambar 4. 21. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar(bambu atap)	102
Gambar 4. 22. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar(bambu dinding)	103
Gambar 4. 23. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar(bambu)	105
Gambar 4. 24. Grafik suhu ruang dalam terhadap ruang luar (alternatif bambu)	106
Gambar 4. 25. Grafik pengaruh material atap (bambu)	122
Gambar 4. 26. Grafik pengaruh material dinding (bambu)	123
Gambar 4. 27. Grafik material atap dan dinding (bambu)	125
Gambar 4. 28. Grafik rekomendasi dengan alternatif material bambu.....	126
Gambar 4. 29. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa atap)	131
Gambar 4. 30. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa dinding)	132
Gambar 4. 31. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa)	134
Gambar 4. 32. Grafik suhu ruang dalam terhadap ruang luar (alternatif balsa)	135
Gambar 4. 33. Grafik pengaruh material atap (balsa)	151
Gambar 4. 34. Grafik pengaruh material dinding (balsa)	153
Gambar 4. 35. Grafik pengaruh material atap dan dinding (balsa)	154
Gambar 4. 36. Grafik pengaruh material atap dan dinding (balsa)	156
Gambar 4. 37. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa dan bambu)	159

Gambar 4. 38. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (bambu dan balsa)	160
Gambar 4. 39. Grafik suhu ruang dalam terhadap ruang luar (kombinasi)	162
Gambar 4. 40. Grafik pengaruh material kombinasi (balsa dan bambu)	173
Gambar 4. 41. Grafik pengaruh material kombinasi (bambu dan balsa)	174
Gambar 4. 42. Grafik pengaruh material kombinasi (balsa dan bambu)	176
Gambar 4. 43. Diagram persentase penurunan suhu ruang dalam (maks 5°C)	189
Gambar 4. 44. Diagram persentase kedekatan dengan suhu netral (24.9°C)	190
Gambar 4. 45. Diagram persentase durasi suhu nyaman (22.4°C – 24.9°C)	191
Gambar 4. 46. Persentase selisih dengan SNI (45 Watt/m ²)	192
Gambar 4. 47. Diagram persentase tiap kriteria masing-masing alternatif	193

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Stastistik PLN 2011	205
Lampiran 3. Rumus OTTV dan RTTV (SNI 03 – 6389 – 2000)	213
Lampiran 4. Persentase Rumus OTTV	228
Lampiran 5. Sketsa Denah Objek penelitian	234
Lampiran 6. Foto Objek penelitian	237
Lampiran 7. Gambar Objek Penelitian	240
Lampiran 8. Hasil Pengukuran Ruang Luar Objek Penelitian.....	246
Lampiran 9. Hasil Pengukuran Teras Objek Penelitian.....	251
Lampiran 10. Hasil Pengukuran Ruang Tamu Objek Penelitian.....	256
Lampiran 11. Hasil Pengukuran Ruang Keluarga Objek Penelitian	261
Lampiran 12. Hasil Simulasi Objek Penelitian.....	266
Lampiran 13. Gambar Objek Rekomendasi	279
Lampiran 14. Hasil Simulasi Objek Rekomendasi	282
Lampiran 15. Hasil Simulasi Objek Rekomendasi (Alternatif Bambu)	286
Lampiran 16. Hasil Simulasi Objek Rekomendasi (Alternatif Balsa)	298
Lampiran 17. Hasil Simulasi Objek Rekomendasi (Alternatif Kombinasi)	310

DAFTAR ISTILAH

Absorbtansi radiasi matahari : Nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan yang ditentukan pula oleh warna bahan tersebut.

Badan Pusat Statistik : Lembaga pemerintah Non kementerian yang bertanggung jawab langsung kepada presiden

Equivalent Temperature Difference (TDek) : Beda antara temperatur ruangan dan temperatur dinding luar atau atap yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperatur udara luar untuk keadaan yang dianggap konsisten yang menimbulkan aliran kalor melalui dinding atau atap, yang ekuivalen dengan aliran kalor sesungguhnya.

Fisiologis : Kebutuhan yang paling mendasar dari serangkaian kebutuhan manusia untuk mempertahankan hidup secara fisik

Higrokopis : Kemampuan suatu zat untuk menyerap molekul air dari lingkungan.

Kementerian Perumahan Rakyat : Kementerian dalam pemerintah Indonesia yang membidangi urusan pekerjaan umum dan perumahan rakyat

Konservasi energi : Penggunaan energi dengan efisien dan rasional tanpa harus mengurangi penggunaannya.

Overall Thermal Transfer Value (OTTV) : Suatu nilai perpindahan kalor menyeluruh yang terjadi pada dinding dengan orientasi tertentu

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) : Pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan listrik

Perusahaan Listrik Negara : Badan Usaha Milik Negara yang mengusrusi semua aspek kelistrikan yang ada di Indonesia

Roof Thermal Transfer Value (RTTV) : suatu nilai perpindahan kalor menyeluruh yang terjadi pada atap.

Shading Device : Salah satu elemen penyusun bangunan yang berfungsi untuk alat peneduh dan sebagai pelindung bagian bangunan yang ternaungi olehnya.

Skylight : Salah satu alat peneduh yang dapat meneruskan sinar matahari

Standar Nasional Indonesia (SNI) : Ketentuan yang telah dirumuskan dan direncanakan oleh teknisi dan ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional

DAFTAR SIMBOL

A j	= Luas jendela
A w	= Luas dinding
A r	= Luas atap
A s	= Luas skylight
A tdj	= Luas bukaan tidak terteduhi
A tds	= Luas skylight tidak terteduhi
B w	= Bahan dinding
B r	= Bahan atap
Den w	= Density dinding
Den r	= Density atap
I	= Induk
K k	= Konduktiviti kaca
K r	= Konduktiviti atap
K s	= Konduktiviti skylight
K w	= Konduktiviti dinding
O w	= Orientasi dinding
O r	= Orientasi atap
OTTV	= <i>Overall Thermal Transfer Value</i>
R ck	= Resistansi thermal kaca
R cs	= Resistansi thermal skylight
Rk w	= Resistansi thermal dinding
Rk r	= Resistansi thermal atap
RTTV	= Roof Thermal Transfer Value
R ul	= Resistansi thermal permukaan luar
R up	= Resistansi thermal permukaan dalam
SC w	= Koefisien peneduh dinding
SC k	= Koefisien peneduh kaca
SC ej	= Koefisien peneduh alat peneduh jendela
SC r	= Koefisien peneduh atap
SF r	= Radiasi matahari atap
SF w	= Radiasi matahari dinding
SC es	= Koefisien peneduh alat peneduh skylight
SC s	= Koefisien peneduh skylight
T 1	= Tingkat 1
T 2	= Tingkat 2,
T 3	= Tingkat 3
TDek w	= Beda temperatur ekuivalen dinding
TDek r	= Beda temperatur ekuivalen atap
t k	= Tebal kaca
t r	= Tebal atap
T rd	= Suhu ruang dalam
T rl	= Suhu ruang dalam
t w	= Tebal dinding
t s	= Tebal skylight
U j	= Nilai transmitansi thermal jendela
U w	= Transmitansi thermal dinding
U s	= Transmitansi thermal skylight

U_r	= Nilai transmitansi thermal atap
W_w	= Warna dinding
W_r	= Warna atap
α_w	= Koefisien radiasi matahari dinding
α_r	= Koefisien radiasi matahari atap
ΔT	= Beda temperatur ruang luar dengan ruang dalam.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

1.1.1. Kebutuhan Rumah Tinggal

Manusia adalah makhluk sosial dan individual dengan memiliki kebutuhan yang harus dipenuhi untuk bertahan hidup. Kebutuhan manusia dibagi menjadi lima tingkat, pada tingkat pertama yaitu kebutuhan fisiologis. Kebutuhan fisiologis adalah kebutuhan yang paling mendasar dari serangkaian kebutuhan manusia untuk mempertahankan hidup secara fisik. Kebutuhan fisiologis yaitu makanan, minuman, pakaian, tempat tinggal, tidur, seks, oksigen dan lain-lain. Kecenderungan manusia untuk menekan kebutuhan-kebutuhan lain sampai kebutuhan fisik terpenuhi.

Badan Pusat Statistik mencatat kekurangan rumah tinggal di Indonesia hingga tahun 2010 mencapai 13,6 juta unit. Jumlah ini akan meningkat karena tingkat penyediaan rumah tinggal yang kurang. Perumnas telah memberitakan sejak 1974 sampai 2010 telah membangun 500.000 unit rumah dengan berbagai tipe di seluruh Indonesia. Sedangkan, Kementrian Perumahan Rakyat menargetkan pembangunan rumah tinggal menengah kebawah sebanyak 1,6 juta unit sampai 2014. Januari 2012, Kementrian Perumahan Rakyat menetapkan pembangunan lingkunan hunian berimbang dengan komposisi 1 : 2 : 3 yaitu pembangunan 1 unit mewah di ikuti pembangunan 2 unit menengah dan 3 unit sederhana.

Perkembangan jumlah penduduk yang meningkat sebesar 0,08% tiap tahunnya mendorong pemerintah mencanangkan peraturan penambahan pembangunan bangunan rumah sebagai hunian. Peningkatan kebutuhan rumah tinggal tidak dibarengi dengan tersedianya lahan di kota besar. Sehingga pembangunan rumah tinggal menyebar ke daerah kabupaten. Mengingat manusia adalah makhluk sosial maka persebaran penduduk kota ke desa di ikuti dengan perkembangan teknologi dan ekonomi. Sehingga penduduk desa mulai melakukan revitalisasi material rumah tinggal dengan material komposit dan renovasi pada rumah tinggal dengan model bangunan modern.

1.1.2. Kondisi Iklim

Indonesia merupakan negara yang dilalui oleh garis khatulistiwa, sehingga Indonesia beriklim tropis yang memiliki dua musim yaitu musim hujan, dan musim panas. Topografi Indonesia yang merupakan Negara kepulauan dengan luas laut lebih besar dibandingkan daratan menyebabkan udara di daratan menjadi lebih lembab. Iklim tropis lembab Indonesia memiliki radiasi panas tinggi (80% tiap tahun), curah hujan tinggi (150 cm tiap tahun), dengan kecepatan angin yang tidak stabil (0 m/s sampai lebih dari 30 m/s). Pada musim panas atau kemarau intensitas suhu sangat tinggi disebabkan sinar matahari memiliki intensitas penyinaran selama 12 jam. Sedangkan pada musim hujan intensitas hujan tinggi dengan disertai angin kencang.

Kondisi iklim Kabupaten Malang menunjukkan nilai kelembaban tertinggi adalah 90.74% yang jatuh pada bulan Desember, sedangkan nilai kelembaban terendah jatuh pada bulan Mei, rata-rata berkisar pada 87.47%. Suhu rata-rata 26.1 °C – 28.3 °C dengan suhu maksimal 32.29 °C dan minimum 24.22 °C. Rata-rata kecepatan angin di empat stasiun pengamat antara 1,8 sampai dengan 4,7 km/jam. Kecepatan angin terendah yakni berkisar pada 0.55 km/jam umumnya jatuh pada bulan Nopember dan tertinggi yakni 2.16 km/jam jatuh pada bulan September. Curah hujan rata-rata berkisar antara 1.800 mm – 3.000 mm tiap tahun, dengan hari hujan rata-rata antara 54 – 117 hari tiap tahun. Kondisi ini tidak mendukung dalam memberikan kenyamanan kepada manusia dalam beraktivitas.

1.1.3. Konservasi Energi

Perusahaan Listrik Negara mencatat penggunaan energi listrik di Jawa hingga tahun 2011 mengalami peningkatan sebesar 7,3%. Rincian pengguna untuk industri (35%), rumah tangga (41%), bisnis (18%), dan lain-lain (6%). Masing-masing pengguna mengalami peningkatan industri (7%), rumah tangga (9%), bisnis (4%), dan lain-lain (6%). Energi listrik yang didistribusikan khusus Jawa sebagian besar berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Bahan bakar yang digunakan untuk operasional PLTU adalah sumber daya alam yang dapat habis jika digunakan secara terus menerus. Upaya konservasi energi dapat dilakukan pada sektor rumah tinggal mengingat tingginya peningkatan konsumsi energi listrik yang memberikan dampak pada krisis energi.

Setiap material selubung bangunan memiliki nilai properties yang beragam. Hal ini dipengaruhi oleh tingkat kemampuan material dalam menyerap kalor di sekitarnya dan melepas kalor ke sekitarnya. Daya serap dan lepas masing-masing material dipengaruhi oleh tingkat kerapatan, daya hantar, dan daya simpan. Nilai properties material sangat mempengaruhi nilai perpindahan thermal pada selubung bangunan (OTTV). SNI 03-6389-2000 menyatakan tingkat keberhasilan upaya konservasi energi pada selubung bangunan gedung jika nilai OTTV kurang dari/sama dengan 45 Watt/m².

Pihak penyedia listrik mengemukakan penggunaan listrik mengalami peningkatan terutama pada sektor hunian. Peningkatan penggunaan listrik pada hunian dipengaruhi kondisi iklim tropis lembab yang tidak mendukung dalam memberikan kenyamanan kepada manusia dalam beraktivitas sehingga penggunaan perangkat elektrikal menjadi solusi instant dalam meraih tingkat kenyamanan penghuni. Upaya konservasi energi sangat diperlukan mengingat sumber energi listrik sebagian besar berasal dari energi yang tidak bisa diperbaharui yaitu batu bara dan minyak bumi. Selain itu, tingkat kenyamanan penghuni dipengaruhi oleh jenis material yang menjadi selubung bangunan rumah tinggal. Menurut Setiowati, E dan Fikriani, A (2009) penggunaan material anyaman bambu pada dinding dapat menurunkan suhu ruang dalam sebesar 2,7°C dan pada bambu fertikal mengalami penurunan sebesar 2,4°C.

1.1.4. Material Kayu

Material kayu memiliki sifat *higrokopis* yang menyebabkan kayu dapat menyerap dan melepaskan air untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan (Panshin et al, 1964). Kadar air pada kayu dipengaruhi oleh perubahan suhu dan kelembapan di lingkungan sekitar. Kadar air pada kayu berbanding lurus dengan nilai konduktifitas pada kayu. Kayu digolongkan menjadi dua jenis berdasarkan karakternya yaitu kayu lunak dan kayu keras. Semakin keras kayu maka semakin rendah daya serap air. Jadi, kayu lunak sangat berpengaruh dalam penurunan suhu mengingat nilai konduktifitas kayu yang tinggi karena daya serap air yang tinggi.

Pemakaian material kayu pada selubung bangunan dapat menurunkan suhu dan kelembapan di dalam hunian mengingat nilai konduktifitas kayu yang dipengaruhi kadar air pada kayu tersebut. Peraturan Indonesia tentang konservasi energi menyatakan

indikator keberhasilan pencapaian konservasi energi apabila nilai OTTV kurang dari/sama dengan 45 Watt/m², mengingat nilai properties setiap material selubung bangunan mempengaruhi nilai OTTV. Penelitian ini diharapkan dapat menemukan material kayu untuk selubung bangunan rumah tinggal yang memenuhi kenyamanan penghuni dan berhasil dalam pencapaian konservasi energi.

1.1.5. Desa Mojosari

Kabupaten Malang termasuk dalam wilayah Propinsi Jawa Timur. Secara geografis, terletak pada 112° 17' 10,90" sampai dengan 112° 57' 00" Bujur Timur dan 7° 44' 55,11" sampai dengan 8° 26' 35,45" Lintang Selatan. Batas Kabupaten Malang sebelah utara adalah Kabupaten Jombang, Mojokerto dan Pasuruan, sebelah selatan adalah samudera Indonesia, sebelah barat adalah Kabupaten Blitar dan Kediri, dan sebelah timur adalah Kabupaten Lumajang dan Probolinggo

Kota Kepanjen adalah wilayah kecamatan dari Kabupaten Malang. Kota Kepanjen memiliki luas area 46,25 km². dengan jumlah populasi 93,347 jiwa (sensus penduduk kabupaten malang tahun 2013) dengan tingkat kepadatan 2.018 jiwa tiap km². Kota Kepanjen terdiri dari empat kelurahan dan empat belas desa, yaitu Kelurahan Kepanjen, Kelurahan Ardirejo, Kelurahan Panarukan, Kelurahan Cempokomulyo, Desa Mojosari, Desa Ngadilangkung, Desa Sukoharjo, Desa Talangagung, Desa Tegalsari, Desa Mangunrejo, Desa Sengguruh, Desa Curungrejo, Desa Jatirejo, Desa Dilem, Desa Panggung, Desa Kedungpandan, Desa Jenggolo, dan Desa Kemiri.

Desa Mojosari terletak di Kepanjen kabupaten Malang. Desa Mojosari sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani dan sebagian besar lahannya adalah area persawahan. Penghuni yang bermata pencaharian sebagai petani memiliki kebiasaan pada pukul 05:00 pergi ke sawah dan pulang pada pukul 12:00. Pada saat berada di hunian mereka, mereka selalu menggunakan kipas angin sampai pukul 21:00. Sehingga dapat di simpulkan bahwa suhu ruang dalam hunian mereka berada pada suhu tidak nyaman.

Salah satu hunian yang paling tua di sana adalah milik Ibu Salamah. Bentuk hunian Ibu Salamah menyerupai rumah malangan, hanya saja material yang digunakan adalah batu bata untuk dinding dan genting tanah liat untuk atap. Beliau yang sudah tua dan bermata

pencaharian sebagai petani mengeluhkan biaya listrik yang semakin meningkat. Sehingga beliau ingin merenovasi atau merevitalisasi hunian tersebut. Peningkatan konsumsi listrik, diakibatkan oleh terasa tidak nyamannya suhu ruang dalam pada huniannya. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kondisi iklim, faktor selubung bangunan dan kondisi kawasan sekitar.

Desa Mojosari sebagian besar penduduknya memiliki bentuk rumah tinggal menyerupai rumah malangan. Perkembangan teknologi dan ekonomi mengakibatkan warga setempat mulai merevitalisasi atau merenovasi rumah tinggal yang mereka tinggali guna mendapatkan kemudahan dalam perawatan dan peningkatan kenyamanan penghuni. Sebagian besar lainnya mulai membangun rumah tinggal modern guna mencukupi kebutuhan sosial. Faktor tersebut yang mendasari penelitian ini guna mengetahui jenis material selubung bangunan pada rumah tinggal yang cocok di Desa Mojosari dengan memperhatikan kenyamanan penghuni dan konsep konservasi energi.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan maka permasalahan yang ingin dipecahkan adalah

1. Kondisi iklim tropis lembab yang mempengaruhi kenyamanan penghuni sehingga terjadi peningkatan konsumsi energi listrik pada sektor hunian.
2. Material kayu pada selubung bangunan dapat menurunkan suhu ruang dalam dibandingkan penggunaan material konvensional.
3. Penduduk Desa Mojosari yang ingin merenovasi atau merevitalisasi hunian mereka guna mencapai kenyamanan suhu.

1.3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat dirumuskan dari latar belakang yang telah dibahas sebelumnya adalah “Bagaimana optimasi material kayu pada selubung bangunan rumah tinggal di Desa Mojosari terhadap suhu netral dan nilai OTTV?”

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian yang berjudul “Optimasi Material Kayu pada Selubung Bangunan Rumah Tinggal di Desa Mojosari terhadap Suhu Netral dan Nilai OTTV” yaitu :

1. Bentuk objek penelitian dikhususkan pada rumah tinggal yang mendekati rumah malangan di kawasan Desa Mojosari.
2. Spesifikasi selubung bangunan objek penelitian adalah rumah tinggal dengan spesifikasi paling tinggi yang berada di Desa Mojosari.
3. Usia objek penelitian adalah rumah tinggal paling tua yang berada di Desa Mojosari.
4. Jenis rumah objek penelitian dikhususkan pada jenis rumah tunggal.
5. Objek penelitian difokuskan pada rumah tinggal satu lantai.
6. Kriteria kenyamanan yaitu pada kenyamanan suhu saja.
7. Alternatif material selubung bangunan berjumlah 2 kayu yang ada di Indonesia.
8. Perubahan material kayu hanya pada dinding, dan atap dengan ketebalan sama dengan objek yang diteliti.
9. Material kayu yang digunakan untuk rekomendasi tidak melalui tahap pewarnaan.
10. Nilai OTTV hanya menurut Standart Nasional Indonesia.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang berjudul “Optimasi Material Kayu pada Selubung Bangunan Rumah Tinggal di Desa Mojosari terhadap Suhu Netral dan Nilai OTTV” adalah

1. Untuk mengetahui kinerja suhu pada ruang dalam dan nilai OTTV objek penelitian.
2. Untuk mengetahui material kayu yang cocok untuk memenuhi tingkat kenyamanan suhu pada penghuni rumah tinggal.
3. Untuk mengetahui material kayu yang dianggap berhasil dalam upaya konservasi energi menurut SNI 03-6389-2000.

1.6. Manfaat penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat memberikan kontribusi pada beberapa pihak yaitu :

1. Akademisi

Dapat memberikan pengetahuan tambahan dalam menangani suhu pada ruang dan sebagai dasar pertimbangan dalam penggunaan material kayu pada selubung bangunan sebagai acuan dalam mendesain bangunan sehingga tercapainya kenyamanan suhu yang berkonservasi energi.

2. Masyarakat

Memberi pengetahuan dan pemahaman mengenai pengaruh material kayu sebagai selubung bangunan dalam menurunkan suhu udara ruang dalam, sehingga masyarakat dapat menghemat penggunaan energi listrik.

3. Pemerintah

Memberikan masukan dalam pemilihan material kayu yang cocok untuk selubung bangunan dalam pembangunan permukiman atau perumahan agar tercapainya kenyamanan suhu bagi para penggunanya dan berkonservasi energi.

1.7. Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan kajian mengenai penelitian yang berjudul “Optimasi Material Kayu pada Selubung Bangunan Rumah Tinggal di Desa Mojosari terhadap Suhu Netral dan Nilai OTTV” terbagi menjadi beberapa bagian yaitu :

1. BAB I : PENDAHULUAN

Penjelasan mengenai latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah yang mengarah pada tujuan dan kegunaan dari penelitian yang ingin dicapai dalam penulisan penelitian ini.

2. BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Tinjauan teori mengenai kondisi iklim, jenis permukiman perdesaan, selubung bangunan, *material properties*, kenyamanan suhu, dan nilai OTTV/RTTV.

3. BAB II : METODE PENELITIAN

Membahas penggunaan metode pada penelitian. Merupakan cara kerja penelitian mulai dari awal program sampai hasil akhir yang akan dicapai. Metode ini diawali dengan pengumpulan data, hipotesis, analisis, sintesis, dan seleksi.

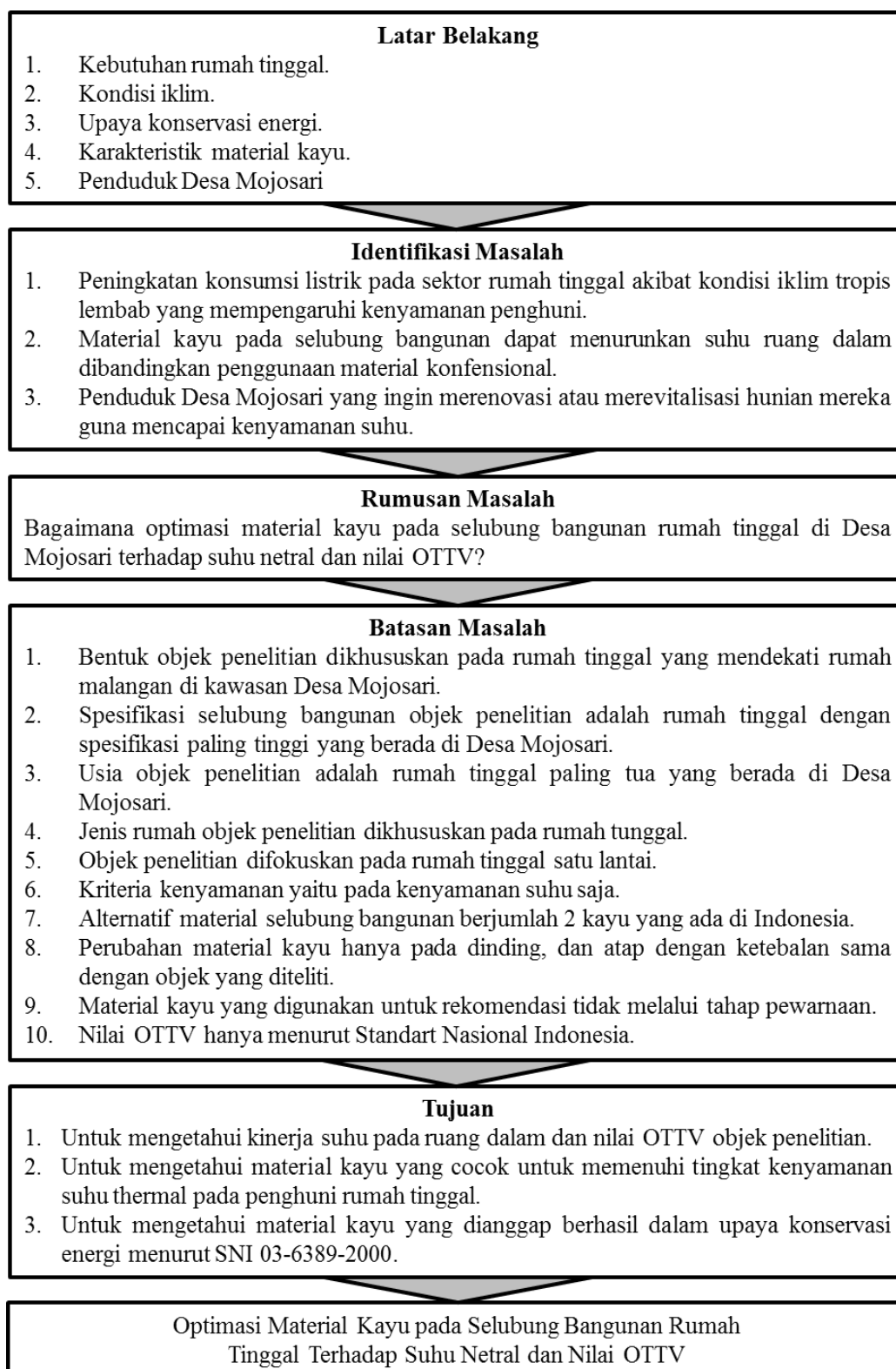
4. BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas tentang material selubung bangunan terhadap kenyamanan suhu dan nilai OTTV. Analisis pertama berupa pengaruh selubung bangunan terhadap kenyamanan suhu dan nilai OTTV. Hasil analisis pertama berupa rekomendasi selubung bangunan pada objek penelitian. Analisis ke dua berupa pengaruh penerapan material kayu pada selubung bangunan terhadap kenyamanan suhu dan nilai OTTV (objek rekomendasi). Hasil analisis ke dua berupa rekomendasi material kayu pada selubung bangunan objek rekomendasi. Analisis ke tiga berupa seleksi bangunan objek rekomendasi tiap alternatif material kayu pada selubung bangunan yang paling berhasil dalam pencapaian kenyamanan suhu dan upaya konservasi energi. Hasil analisis ke tiga berupa rekomendasi material kayu pada selubung bangunan objek penelitian.

5. BAB V : PENUTUP

Penutup berupa kesimpulan, penemuan yang didapat, dan saran dari proses penelitian yang sudah dilakukan.

1.8. Kerangka Pemikiran



Gambar 1 1. Diagram kerangka berpikir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Iklim Tropis Lembab

Daerah iklim tropis basah dengan kelembapan tinggi dan temperature yang selalu tinggi. Panas yang tinggi dan sedikitnya pergerakan udara mengakibatkan terjadinya penguapan yang lambat (leippsmeir, 1994). Pengukuran suhu yang dilakukan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) pada tahun 2016 dengan suhu rata-rata perbulannya (BMKG 2016) :

Gambar 2. 1. Suhu dan kelembapan kota malang (BMKG 2015)

Bulan	Suhu Udara (°C)			Kelembapan (%)		
	Maks	Min	Rata-rata	Maks	Min	Rata-rata
Januari	34,0	22,2	27,5	99	43	81
Februari	33,4	22,4	27,3	97	55	83
Maret	33,4	22,4	27,8	97	55	82
April	33,6	23,7	27,9	97	55	83
Mei	32,4	21,8	28,2	97	51	77
Juni	32,8	21,0	27,7	92	47	73
Juli	31,8	20,8	26,9	92	45	74
Agustus	32,5	20,8	26,9	88	37	72
September	33,6	20,5	26,6	85	40	68
Oktober	34,8	22,8	28,7	86	38	66
November	35,6	24,6	30,5	90	38	68
Desember	35,4	23,6	28,9	92	47	77

Sumber : BMKG kota Malang 2015

2.2. Permukiman Perdesaan

Desa dalam arti umum adalah permukiman manusia yang letaknya di luar daerah perkotaan dan penduduknya sebagian besar bergantung pada kondisi tanah (agraris). Desa dalam bahasa Indonesia sehari-hari disebut kampung. Desa dalam arti lain adalah bentuk kesatuan administratif yang disebut kelurahan. Desa tersebar diseluruh kota dengan lingkungan gabungan dari beberapa dukuh. Dukuh adalah suatu bagian tempat hidup yang terbentuk berdasarkan kondisi dan bentuk geografisnya. Dukuh dapat diterjemahkan daerah di dalam pulau dan berada ditengah area persawahan atau hutan. Jadi, definisi desa adalah

tempat atau daerah tempat penduduk berkumpul dan hidup bersama dimana mereka menggunakan kondisi lingkungan sekitar untuk mempertahankan, melangsungkan, dan mengembangkan kehidupan mereka. Komponen penyusun desa ada tiga unsur. Ketiga unsur itu adalah penduduk, tanah, dan bangunan. Masing-masing unsur tersebut cepat atau lambat akan mengalami perubahan, sehingga desa memiliki pola permukiman yang dinamis.

Semua desa memiliki *geographical setting* dan *human effort* yang berbeda. Sebuah desa ada yang memiliki sumber daya menguntungkan namun tidak diimbangi dengan semangat pembangunan, pengembangan keterampilan penduduk, dan penambahan wawasan penduduk yang menjadikan desa tersebut tidak dapat maju (berkembang). Sebaliknya, sebuah desa yang memiliki sumber daya serba kekurangan namun memiliki penduduk yang mampu mengatasi permasalahan alam menjadikan desa sangat maju (makmur). Sehingga dapat disimpulkan desa memiliki empat unsur geografis yang sangat mempengaruhi. Keempat unsur itu adalah lokasi, iklim, tanah, dan air (Daldjoeni, 2003).

Persebaran desa sebagaimana ditulis di atas, yang latar belakangnya adalah kondisi geografisnya, berpengaruh atas ciri-ciri kehidupan masyarakat yang menjadi penghuninya. Berikut pokok-pokok yang mempengaruhi kondisi desa dan ciri-ciri kehidupan penduduk desa :

1. Desa dan masyarakatnya erat sekali hubungannya dengan alam. Terutama iklim yang pengaruhnya tampak pada permusimannya, seakan-akan mengatur kegiatan manusia dalam bertani
2. Penduduk di desa merupakan satu unit sosial dan unit kerja; jumlah mereka relatif tidaklah besar dan struktur ekonomi pada umumnya agraris.
3. Lambat laun karena pengaruh kota atau pendidikan formal keadaan mulai agak menyimpang. Dalam hal itu dapat pula dikatakan desa mengalami proses urbanisasi dalam arti mengkota, memperlihatkan ciri-ciri kekotaan baik secara fisik, ekonomi maupun budaya
4. Masyarakat desa mewujudkan suatu paguyuban atau *gemeinschaft* dimana ikatan kekeluargaan erat. Sementara itu proses sosial, perubahannya yang dimaksud,

berjalan lambat. Juga control kemasyarakatannya di desa lebih ditentukan oleh adat, moral, dan hukum yang informal.

Ciri-ciri kehidupan penduduk desa mempengaruhi bentuk desa. Bentuk-bentuk desa secara sederhana (Daldjoeni, 2003), antara lain :

1. Pola permukiman menyebar

Ciri-ciri dari pola permukiman menyebar adalah jarak antara permukiman penduduk yang satu dengan yang lain terlalu jauh. Hal ini menyebabkan tipe permukiman pola menyebar tidak kondusif lagi bagi perhubungan desa dan dapat mengganggu evolusi dari desa yang baru terbentuk menjadi komunitas fungsional.

2. Pola permukiman terpusat

Ciri-ciri pola permukiman terpusat adalah plot rumah saling berhubungan, jarak rumah penduduk dengan lahan pertanian mereka agak jauh; dan areal pertanian pribadi dapat tersebar luas.

3. Pola permukiman linier

Ciri-ciri pola permukiman linier adalah perkembangan permukiman penduduknya menurut pola jalan yang ada (memanjang atau sejajar dengan rentangan jalan raya yang menembus desa); dan aksesibilitas ke kota yang tinggi.

Karakteristik perdesaan dibagi menjadi tiga kategori (Soemardjan, 1993), yaitu masyarakat sederhana (tradisional), masyarakat madya, dan masyarakat pra-moderen. Ciri-ciri utama masyarakat sederhana adalah hubungan antar keluarga/masyarakat sangat kuat, organisasi sosial didasari dengan ketentuan/peraturan adat istiadat yang terbentuk berdasarkan tradisi, kepercayaan akan kekuatan-kekuatan gaib yang mempengaruhi kehidupan manusia, tidak adanya lembaga-lembaga khusus untuk memberikan pendidikan dalam bidang teknologi, keterampilan diwariskan oleh orang tua kepada anak sambil berpraktek dengan sedikit teori dan pengalaman, dan keterampilan yang diwariskan tidak dari hasil pemikiran atau eksperimen, tingkat buta huruf relatif tinggi, dasar hukum hanya menggunakan adat istiadat, hukum yang berlaku tidak tertulis, hukum yang berlaku tidak kompleks, hukum yang berlaku hanya diketahui oleh penduduk yang sudah dewasa,

ekonominya sebagian besar meliputi produksi untuk pasaran kecil, uang sebagai alat pengukur harga berperan terbatas, kegiatan ekonomi maupun sosial yang memerlukan kerjasama orang banyak dilakukan secara tradisional dengan gotong royong tanpa hubungan kerja antar buruh dengan majikan, ikatan antar penduduk sangat kuat, dan semua keputusan yang diambil setelah melakukan musyawarah dengan pemimpin desa sebagai pengambil keputusan.

2.3. Selubung Bangunan

Selubung atau kulit bangunan merupakan bagian dari elemen-elemen bangunan yang letaknya berada di bagian paling luar dan berhadapan langsung dengan lingkungan yang berada di sekitar bangunan. Selubung bangunan adalah bagian pembatas yang membatasi kondisi lingkungan alam seperti iklim, vegetasi, dan hewan dengan lingkungan binaan atau buatan yaitu ruangan yang ternaungi oleh elemen-elemen terluar dari bangunan. Selubung bangunan memiliki peranan penting dalam mengontrol hubungan timbal balik antara lingkungan luar dengan lingkungan ruang dalam bangunan yang ternaungi atau dilingkupi baik secara langsung maupun tidak langsung.

Selubung bangunan adalah suatu kesatuan dari beberapa komponen-komponen bangunan yang menyusun struktur dan konstruksi yang terdapat di bagian terluar sebuah bangunan. Komponen-komponen tersebut antara lain adalah atap, dinding terluar, *shading device*/tritisan, bukaan/ventilasi aktif atau pasif, dan lantai. Peranan komponen penyusun bangunan tersebut berbeda-beda tergantung pada bentuk maupun jenis bangunannya. Masing-masing komponen selubung bangunan sama-sama berperan dalam membantu pencapaian tingkat kenyamanan ruang dalam yang dilingkupinya atau dinaunginya. Berikut penjelasan komponen-komponen penyusun bangunan yang sangat mempengaruhi kondisi ruang dalam yang dilingkupi atau dinaungi.

2.3.1. Bukaan/ventilasi

Bukaan/ventilasi adalah bagian yang bertempat di dinding atau atap yang dapat menjadikan manusia dapat merasakan kondisi lingkungan sekitar dengan cara tidak langsung. Bukaan/ ventilasi berfungsi memberikan pergerakan udara, memasukkan sinar matahari, dan memberikan kenyamanan visual dengan lingkungan luar bangunan. Fungsi

utama bukaan untuk mengalirkan udara luar bangunan ke dalam bangunan serta membuang kelembapan di dalam bangunan ke luar bangunan. Jenis bukaan yang paling baik adalah *cross ventilation*.

Cross ventilation adalah suatu sistem bukaan/ventilasi yang menyebabkan pertukaran udara ruang dalam bangunan dengan ruang luar bangunan terjadi secara kontinyu atau terus menerus. Elemen penting dari sistem *cross ventilation* adalah rasio/besar lubang dari bukaan/ventilasi tersebut. Lubang bukaan untuk mengalirkan angin ke dalam bangunan yang berguna untuk mendinginkan ruang dalam sehingga penghuni merasa nyaman (Mangunwijaya, 1997). Pola dan kecepatan udara yang melewati ruang dalam tergantung pada lokasi *inlet/outlet* dan *shading device* yang digunakan pada bagian terluar bangunan. Semakin besar perbandingan luas *outlet* dengan *inlet*, maka kecepatan angin didalam bangunan semakin tinggi sehingga ruang dalam terasa sejuk (Latifah et al, 2013).

Posisi *outlet*, tidak mempengaruhi pola aliran udara di dalam ruangan. Guna menambah kecepatan angin di dalam ruangan adalah *inlet* ditempatkan di bagian atas ruangan dan *outlet* ditempatkan di bagian bawah ruangan, luas *inlet* lebih kecil/sama dengan luas *outlet*, dan tidak ada perabot yang menghalangi gerakan udara di dalam ruangan. Tipe bukaan yang berbeda akan memberikan pengarah angin yang berbeda, tergantung besaran sudut pengarah dan arah pergerakan udara yang ingin diarahkan.

2.3.2. Atap

Atap adalah elemen bangunan yang posisinya berda di atas ruangan. Atap memiliki perana penting dalam melindungi ruang dalam bangunan dari faktor perubahan iklim (terik matahari dan hujan). Adapun persyaratan atau kriteria atap pada daerah nusantara (Mangunwijaya, 2000). Kriteria atap pada daerah nusantara adalah atap harus sebanyak mungkin menangkis radiasi panas matahari serta menghindari konveksi udara (pemberian ruang atap/plafond), menjamin kerapatannya terhadap kondisi iklim (hujan dan kelembapan), dan mampu menahan gaya kinetik dari ruang luar (angin dan air hujan).

2.3.3.Dinding

Dinding adalah bagian bangunan yang berada di sisi samping ruangan. Fungsi utama dinding adalah untuk melindungi ruangan dari serangan kondisi lingkungan luar secara horisontal. Dinding berperan dalam menunjang keberlangsungan bangunan sebagai penyangga beban komponen di atasnya, penutup atau pembatas ruang dalam bangunan, mengontrol pengaruh iklim dan lingkungan sekitar. Dinding yang berhasil dalam mengontrol pengaruh iklim dan lingkungan sekitar memiliki persyaratan atau kriteria dinding untuk daerah nusantara (Mangunwijaya, 2000). Persyaratan atau kriteria dinding adalah mampu menahan/memantulkan/menyerap radiasi matahari, mampu menyerap/mengembalikan kelembapan ruang luar/dalam (mengontrol kondensasi kalor), mampu menghalangi kalor dari luar bangunan (faktor ketebalan dinding), mampu memelihara suhu di dalam bangunan, dan mampu menahan kekuatan angin.

Dinding untuk iklim tropis ada tiga macam yaitu dinding masif, dinding berongga, dan dinding ringan. Berikut penjelasan dari macam-macam dinding untuk iklim tropis (Lippsmeier, 1994).

1. Dinding massif

Dinding massif adalah dinding yang tidak terdapat bukaan atau lubang angin didalamnya. Dinding massif untuk daerah tropis kering sebaiknya memiliki sedikit rongga, berwarna terang, dan dapat memantulkan cahaya. Hal ini disebabkan blok-blok rongga memiliki daya isolasi kalor yang tinggi. Namun tetap memerlukan peneduh yang dapat membantu mengurangi radiasi matahari.

2. Dinding berongga

Dinding berongga adalah dinding yang memiliki banyak lubang udara didalamnya sehingga pertukaran udara dapat terjadi secara tidak langsung. Penggunaan dinding berongga mempunyai keuntungan yang lebih besar dibandingkan dinding massif, sebab kalor ruang luar dapat dipantulkan melalui lubang-lubang udara yang terdapat di permukaan dinding. Penggunaan dinding berongga juga mendapat keuntungan dalam pengudaraan yang lebih baik dibandingkan dinding massif.

Sistem pengudaraan pada dinding berongga menjadi pemantul dan menjaga konveksi kalor dari luar bangunan.

3. Dinding ringan

Dinding ringan adalah dinding yang memiliki berat jenis material yang rendah. Hal ini dipengaruhi oleh jenis material penyusun dinding, daya serap kelembapan pada dinding ringan lebih tinggi dibandingkan dinding berongga atau dinding masif. Sehingga dinding ringan dapat digunakan di daerah beriklim tropis lembab.

Perbedaan macam-macam dinding sangat mempengaruhi kontrol dinding terhadap kalor di dalam ruangan. Masing-masing dinding memiliki cara tersendiri dalam menyikapi pengaruh iklim. Dinding massif menyikapi kenyamanan ruang dalam dengan melakukan pemantulan dan penyerapan radiasi panas matahari dan panas iklim. Dinding berongga menyikapi kenyamanan ruang dalam dengan melakukan pergerakan udara dan mencegah konveksi panas ruang luar. Dinding ringan menyikapi kenyamanan ruang dalam dengan menyerap kelembapan dan penyerapan kalor ruang luar. Berdasarkan perbedaan macam-macam dinding dan perbedaan cara menyikapi panas ruang luar maka dianjurkan pemilihan macam dan bentuk dinding sesuai dalam mengatasi permasalahan pada ruang dalam bangunan.

2.3.4. Tritisan/Shading Device

Sinar matahari adalah sumber energi yang tidak dapat habis. Sinar matahari sangat dibutuhkan dalam memberikan kenyamanan visual bagi manusia. Kenyamanan visual dapat dicapai dengan kondisi pencahayaan yang cukup. Sinar matahari merupakan sumber pencahayaan alami yang sangat diperlukan bagi bangunan. Sinar matahari tidak hanya menjadi sumber pencahayaan pada bangunan saja. Sinar matahari juga menjadi pemberi radiasi panas yang berdampak buruk pada kondisi di dalam bangunan. Jadi, bangunan harus dapat memanfaatkan sinar matahari dan menahan radiasi panas dari sinar matahari.

Pencahayaan dari sinar matahari tidak harus dimanfaatkan dengan memasukkan sinar secara langsung. Pemanfaatan sinar matahari bisa dari sinar matahari yang sudah mengalami pengurangan intensitasnya. Pengurangan tersebut dapat dengan memberikan

pantulan-pantulan (kaca cermin), memberikan pembayangan pada kaca tembus cahaya, dan pemanfaatan cahaya terang langit. Pembayangan pada kaca tembus cahaya, dapat tercapai dengan bantuan pembayangan pasif (*shading device*). *Shading device* adalah salah satu pemecahan permasalahan radiasi sinar matahari dengan cara teknis. Pemecahan masalah teknis dapat digunakan jika kondisi orientasi bangunan yang sangat tidak mendukung.

Penempatan bangunan yang tepat terhadap matahari, angin, bentuk denah dan konstruksi serta pemilihan bahan yang sesuai, dapat menurunkan temperatur ruang dalam bangunan dengan sendirinya tanpa bantuan peralatan mekanis seperti pengkondisian udara aktif dan pengkondisian udara kinetik. (Lippsmeier, 1994)

2.4. Indeks Kenyamanan Suhu

1. Standar Nasional Indonesia

Pemerintah melalui Departemen Kimpraswil telah mengeluarkan standar kenyamanan termal ruang dalam bangunan. Standar tersebut adalah SNI T 03-6572-2001. Standar kenyamanan tropis di Indonesia dapat dibagi menjadi :

- a. Sejuk nyaman, antara temperatur efektif $20,5^{\circ}\text{C}$ - $22,8^{\circ}\text{C}$
- b. Nyaman optimal, antara temperatur efektif $22,8^{\circ}\text{C}$ - $25,8^{\circ}\text{C}$
- c. Hangat nyaman, antara temperatur efektif $25,8^{\circ}\text{C}$ - $27,1^{\circ}\text{C}$

Kelembaban udara relatif yang dianjurkan antara 40% - 50%, tetapi untuk ruangan yang jumlah orangnya padat seperti ruang pertemuan, kelembaban udara relatif masih diperbolehkan berkisar antara 55% - 60%. Untuk mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang jatuh diatas kepala tidak boleh lebih besar dari 0,25 m/detik dan sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/detik.

2. Suhu Nyaman Iklim Tropis

Suhu nyaman thermal untuk orang Indonesia berada pada rentang suhu $22,8^{\circ}\text{C}$ - $25,8^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban 70%. Kondisi ini memberikan dampak yang kurang baik terhadap manusia dalam menjalankan aktivitasnya, sebab efektifitas dan produktifitas

manusia cenderung menurun pada kondisi udara yang ekstrim yaitu terlalu dingin atau terlalu panas. Karyono (2001) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa suhu nyaman untuk orang Jawa temperature operative (T_o) antara $23,2^{\circ}\text{C}$ – $30,2^{\circ}\text{C}$ atau rata-rata $26,7^{\circ}\text{C}$.

Tabel 2. 1. Standar Suhu Nyaman pada Bangunan Gedung

No	Kondisi Termal	Temperatur Efektif	Kelembapan (RH)
1	Sejuk Nyaman	$20,5^{\circ}\text{C}$ – $22,8^{\circ}\text{C}$	50%
	Ambang Batas	24°C	80%
2	Nyaman Optimal	$22,8^{\circ}\text{C}$ – $25,8^{\circ}\text{C}$	70%
	Ambang Batas	28°C	80%
3	Hangat Nyaman	$25,8^{\circ}\text{C}$ – $27,1^{\circ}\text{C}$	60%
	Ambang Batas	31°C	80%

Sumber: Talarosha, (2005)

3. Suhu Netral dan Rentang Suhu Nyaman Manusia

Suhu netral adalah suatu kondisi thermal netral dimana manusia tidak merasa panas maupun dingin. Suhu nyaman rata-rata yang dirasakan oleh manusia sebesar $24,9^{\circ}\text{C}$, dengan catatan suhu udara diatas 30°C sangatlah tidak nyaman (Nugroho, 2009). Suhu udara yang dirasa nyaman oleh manusia adalah sangat berhubungan dengan suhu udara rata-rata yang dirasakannya. Manusia memiliki kecenderungan untuk menemukan cara agar membuat diri mereka merasa nyaman pada kondisi yang sudah biasa mereka alami. Penyesuaian diri juga memiliki dampak terhadap suhu udara yang dibutuhkan untuk menetralisasi thermal sekitar. Batas kenyamanan suhu netral memiliki range 5°C . Suhu dimana manusia tidak merasakan panas atau dingin berada pada suhu $24,9^{\circ}\text{C}$ dengan range suhu 5°C ($2,5^{\circ}\text{C}$ di atas dan di bawah suhu $24,9$)

2.5. Material Bangunan

Menurut Roselund (2000), kemampuan material melawan panas yang mempengaruhi bangunan, disebut *thermal properties material*. *Thermal properties material* adalah faktor penyusun material yaitu *density*, *conductivity*, dan *Spesific heat*. Berikut faktor-faktor penyusun material yang mempengaruhi *thermal properties* :

1. *Density* mempunyai satuan Kg/m^3 , merupakan perbandingan antara berat dan volume, *density* memegang peran yang besar untuk *thermal properties*, material

mempunyai *density* kecil mempunyai daya isolasi lebih besar dari pada material yang ber-*density* besar.

2. Konduktivitas (*Conductivity*, K) adalah bilangan yang menunjukkan besar panas (Watt) yang mengalir melalui bahan setebal 1m, seluas 1 m² dengan perbedaan suhu antara kedua sisi permukaan 1°C. Dengan kata lain konduktivitas adalah kemampuan suatu benda untuk memindahkan kalor melalui benda tersebut. Material yang memiliki konduktivitas panas rendah dapat disebut dengan isolator yang baik, sebaliknya material yang memiliki konduktivitas tinggi merupakan material penghantar panas yang baik.
3. *Spesific heat* mempunyai satuan Wh/KgK, adalah mengindikasikan material yang mempunyai kemampuan menyimpan sejumlah energi. *Spesific heat* yang tinggi artinya material mempunyai kemampuan banyak menyimpan panas (*heat storage*).

Kombinasi dari ketiga *thermal properties* material tersebut menghasilkan apa yang disebut *time lag*. *Time lag* adalah waktu maksimum yang dipergunakan oleh material untuk mengeluarkan panas dari permukaan luar ke bagian dalam.

2.6. Karakteristik kayu

Kayu sebagai bahan bangunan dapat mengikat air dan juga dapat melepaskan air yang dikandungnya. Keadaan seperti ini tergantung pada kelembapan suhu udara disekeliling kayu itu berada. Kayu mempunyai sifat peka terhadap kelembaban karena pengaruh kadar air yang menyebabkan mengembang dan menyusutnya kayu serta mempengaruhi pula sifat-sifat fisis dan mekanis kayu. Kayu mengering pada saat air bebas keluar dan apabila air bebas itu habis keadaannya disebut titik jenuh serat (*Fibre Saturation Point*). Kadar air pada saat itu kira-kira 25% - 30%. Apabila kayu mengering dibawah titik jenuh serat, dinding sel menjadi semakin padat sehingga mengakibatkan serat-seratnya menjadi kokoh dan kuat. Pada umumnya kayu-kayu di Indonesia yang kering udara mempunyai kadar air antara 12% - 18%, atau rata-ratanya adalah 15%. Tetapi apabila berat dari benda uji tersebut menunjukkan angka yang terus-menerus menurun, maka kayu belum dapat dianggap kering udara. Faktor yang mempengaruhi karakteristik kayu adalah reaksi terhadap iklim dan tingkat kerapatan.

Jenis kayu keras memiliki ketahanan yang tinggi terhadap pengaruh iklim. penguraian sel-sel kayu oleh air, panas, angin, udara dan cahaya. Dengan perawatan yang baik serta penggunaan yang tepat, sangat tahan terhadap hujan. Penyerapan panas kecil, tahan terhadap angin, dan angin ribut dengan konstruksi yang tepat. Kemampuan pemantulan rata-rata sekitar 50% (pada kayu berwarna gelap lebih kecil).

Kerapatan kayu sangat bergantung pada bentuk sel yang dimiliki. Tingkat kerapatan berbanding terbalik dengan kemampuan kayu dalam menyerap panas, menyimpan panas, dan menyalurkan panas. Jadi, kayu dengan kerapatan rendah dapat menyerap panas, menyimpan panas, dan menyalurkan panas lebih baik dibandingkan kayu dengan kerapatan tinggi. Suatu kondisi itu dipengaruhi oleh daya serap air kayu yang berbeda-beda dan kondisi kelembapan udara dimana kayu tersebut berada.

Tabel 2. 2. Karakteristik bahan terhadap panas (*thermal properties material*)

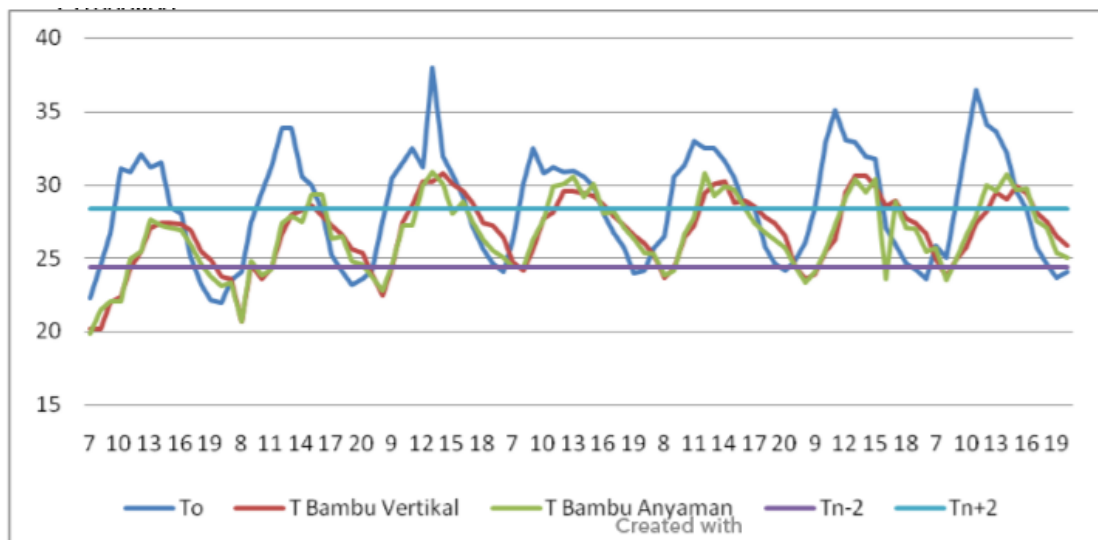
Bahan Bangunan	Gaya Berat $\rho(\text{kg/m}^3)$	Kapasitas Penyimpanan Panas Wh/Kg K	Penyaluran Panas $\lambda(\text{W/m K})$
Batu Bata	1500	0,26	0,52
Batako	950	1,33	0,86
Bambu	600	0,78	0,18
Balsa	130	0.58	0.1

Sumber: Frick, 2008

2.7. Penelitian Terdahulu

2.7.1. Penelitian 1

Kinerja Suhu pada Rumah Tinggal Konstruksi Dinding Bambu Plester



Gambar 2. 21. Grafik suhu pada bambu anyaman dan bambu vertikal

Sumber : Setiyowati, E. & Fikriani, A.2009

Material bambu anyam plester dibandingkan dengan material bambu vertikal. dan

Penelitian yang dilakukan terhadap material bambu anyam plesters dan konstruksi dinding bambu vertikal dengan kondisi jendela tertutup. Dinding pada material bambu dengan konstruksi dinding vertikal mempunyai ketebalan 15cm dan ketebalan pada dinding plester anyaman dengan ketebalan 7cm. Perbandingan penurunan suhu yang terjadi pada kedua dinding tersebut, menunjukkan bahwa nilai suhu udara luar berhasil menurunkan suhu udara di dalam bangunan oleh konstruksi bambu vertikal dan bambu anyaman. Rata-rata pengukuran suhu yang dilakukan terlihat bahwa penurunan suhu pada material dinding anyaman lebih tinggi dibandingkan dengan dinding vertikal.

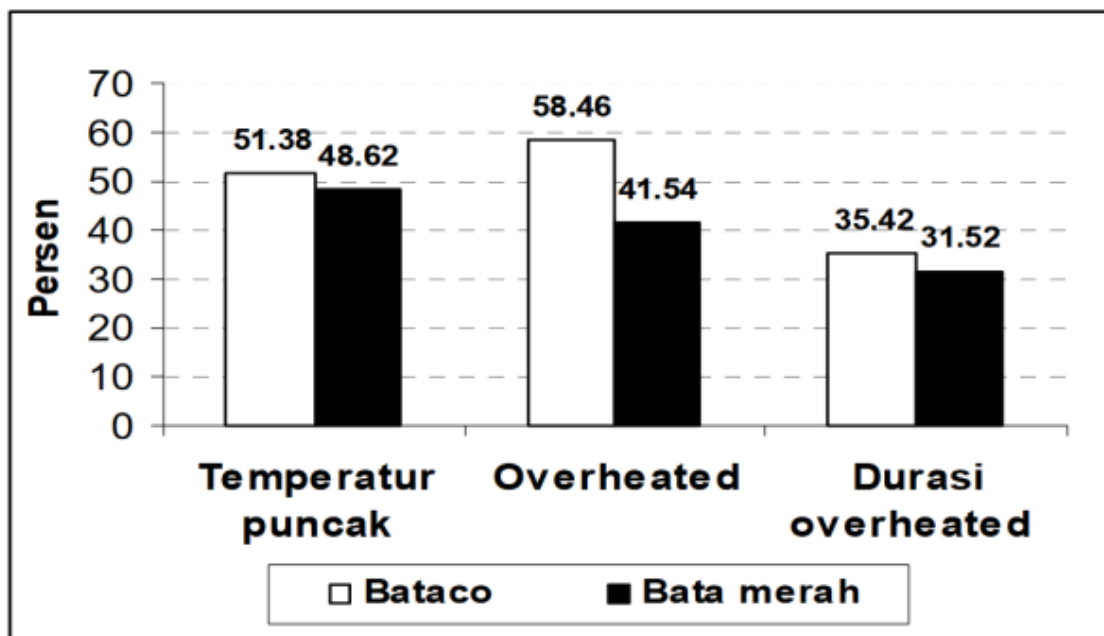
Pengukuran suhu yang dilakukan dengan kondisi jendela terbuka secara keseluruhan menunjukkan bahwa bambu anyaman mampu menurunkan suhu lebih tinggi daripada bambu vertikal. Perbedaan suhu pada dinding tersebut yaitu pada dinding anyaman yaitu

2,7°C, sedangkan pada dinding vertikal yaitu 2,4°C. Ketebalan pada dinding juga mempengaruhi kenyamanan termal pada ruang dalam.

2.7.2. Penelitian 2

Pengaruh “*Thermal Properties*” Material Bata Merah Dan Batako Sebagai Dinding, Terhadap Efisien Energi Dalam Ruang Di Surabaya

Kondisi temperatur Kota Surabaya yang tinggi mempengaruhi tingkat kenyamanan penghuni. Temperatur di ruang dalam lebih tinggi dibandingkan ruang luar meski matahari tidak menampakkan diri. Pengaruh kondisi topografi dan iklim Surabaya yang menjadi persoalan utama. Diperlukan suatu terobosan dari segi material bangunan guna tercapainya kenyamanan suhu di Kota Surabaya. Material batako dan bata merah dicoba sebagai material penyusun dinding. Hasil dari penerapan material tersebut nantinya dianalisis guna mendapatkan material yang mampu dalam pencapaian efisiensi energi dan rendahnya temperatur ruang di dalamnya. Analisis pengukuran menggunakan alat *HOBO data logger* dan analisis simulasi menggunakan *software archipac 5.2*. Variabel penelitian adalah derajat suhu tertinggi, besaran *overheated*, dan durasinya dalam kondisi *overheated*.



Gambar 2. 3. Diagram perbandingan panas dinding batako dan bata merah

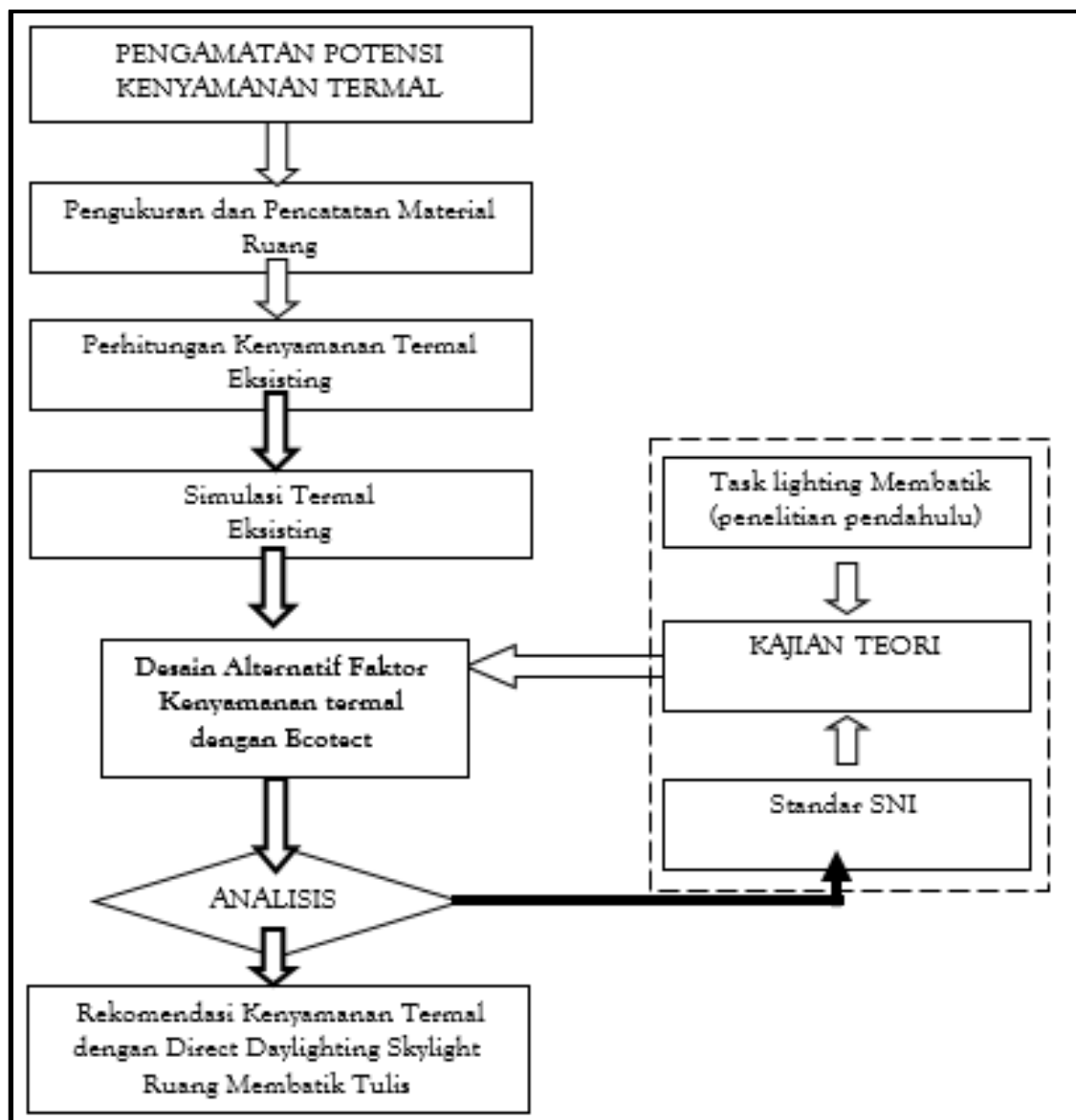
Sumber : V.Totok Noerwasito & Mas Santosa (2006)

Hasil pada proses pengukuran lapangan dan hasil pada proses simulasi menyatakan bahwa penggunaan material bata merah lebih mempengaruhi dalam menurunkan suhu ruang dalam dibandingkan dengan penggunaan material batako. Suhu ruang luar sangat mempengaruhi suhu ruang dalam bangunan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada bulan oktober suhu ruang dalam mengalami kenaikan maksimum dibandingkan bulan-bulan lain. Penggunaan material bata merah dan batako tidak dapat mencapai tingkat kenyamanan thermal ruang dalam pada bangunan di Kota Surabaya. Kenaikan suhu dan penurunan suhu ruang dalam terhadap suhu ruang luar dipengaruhi oleh *thermal properties material* penyusun dinding. Hasil menunjukkan *thermal properties material* batu bata lebih cocok digunakan untuk menyikapi kondisi iklim di Kota Surabaya jika dibandingkan dengan *thermal properties material* batako.

2.7.3. Penelitian 3

Pengaruh Material Ruang Pada Kenyamanan Termal Ruang Membatik Yang Menggunakan Skylight (Studi Kasus: Rumah Batik Katura, Plered, Cirebon)

Atap yang menggunakan *day lighting skylight* menyebabkan ruang dengan fungsi membatik berada pada ketidak nyamanan suhu sehingga mempengaruhi aktivitas manusia di dalamnya. Penggunaan *skylight* pada ruang dengan fungsi membatik sangat diperlukan dalam pencapaian kenyamanan cahaya alami. Diperlukannya solusi jitu dalam memecahkan permasalahan ruang dengan fungsi membatik yang dapat tercapainya kenyamanan suhu dan cahaya alami. Penelitian ini menggunakan metode fenomenologi dan simulasi. Alat yang digunakan dalam proses simulasi adalah *software autodesk ecotect analisys*. Penggunaan alat mekanikal elektrik tidak menjadi batasan dalam pencapaian kenyamanan pekerja yang berada di ruang dengan fungsi membatik.



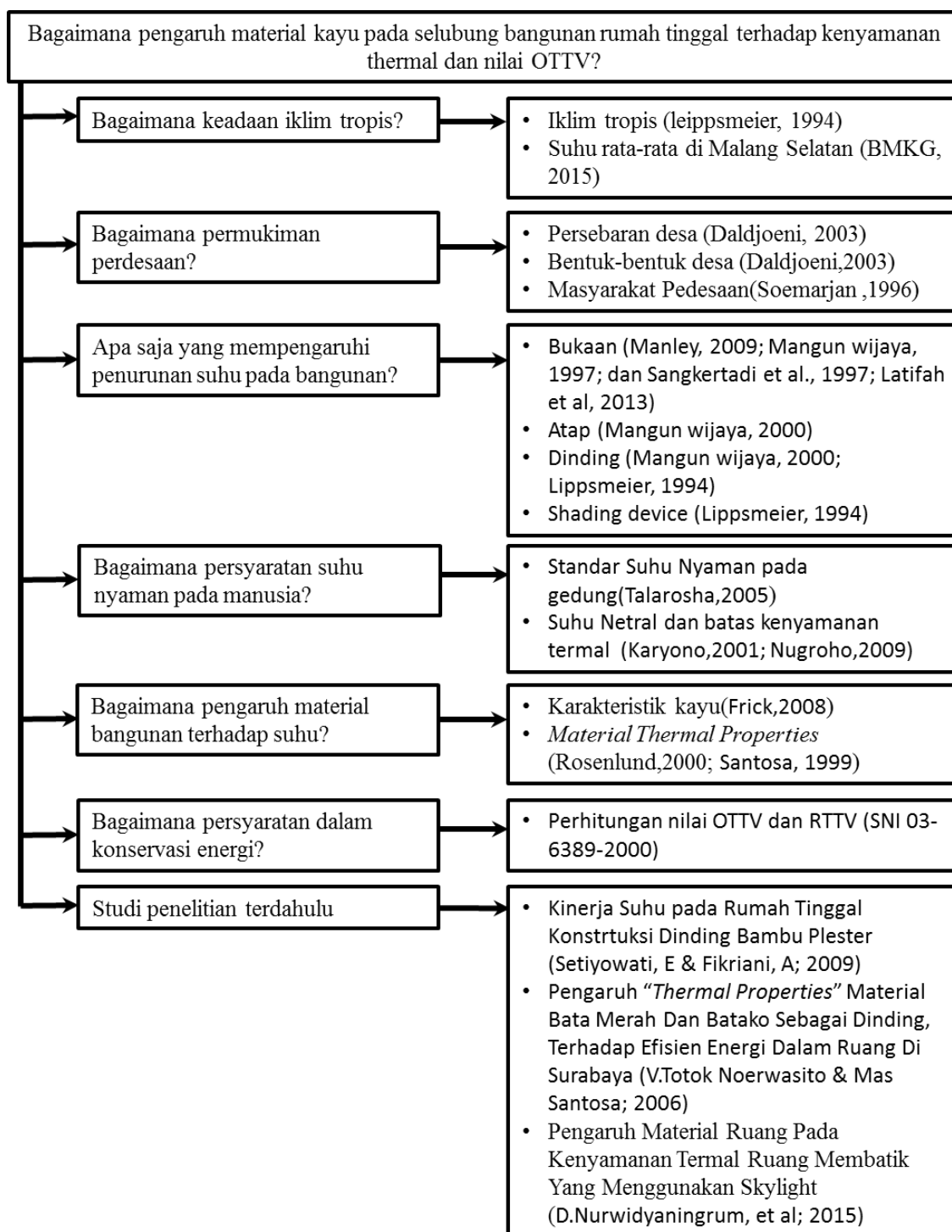
Gambar 2. 4. Skema Penelitian

sumber : D.Nurwidyaningrum, et al (2015)

Kondisi eksisting menyebutkan bahwa ketidaknyamanan thermal disebabkan suhu ruang dalam sebesar 32.79°C – 35.01°C . Suhu nyaman yang digunakan sebesar 27.1°C (SNI-03-6572-2001). Penggunaan meterial atap dengan nilai penyaluran panas rendah dapat menurunkan suhu sebesar 2°C . Penggunaan material kaca pada bukaan atap dapat menurunkan suhu ruang dalam sebesar 4°C . Penggunaan pendinginan udara aktif dapat menurunkan suhu sebesar 2°C . Sehingga kondisi suhu pada ruang dengan fungsi membatik berada pada suhu nyaman. Solusi desain yang didapat dalam penurunan suhu secara

maksimal adalah penggunaan atap beton dengan tebal 25cm dan lapisan aspal di atasnya lebih baik dibandingkan penggunaan material konvensional seperti genting tanah liat, penggunaan material kaca yang disusun ganda dengan memberikan ruang udara didalamnya lebih baik dibandingkan penggunaan material konvensional seperti *skylight* jenis *day light*, dan penggunaan pengkondisian udara mekanik seperti kipas dengan kecepatan 0.3-0.5 m/s menjadi solusi penutup.

2.8. Kerangka Teori



Gambar 2. 5. Diagram kerangka teori

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian Umum

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode deskriptif dengan pendekatan komparatif (*ex post facto*), kualitatif, kuantitatif, eksperimen, simulasi, dan evaluasi.

Metode komparatif adalah metode yang dilakukan dengan melakukan penyelidikan permasalahan yang berkembang dan variabel yang mempengaruhinya. Metode komparatif digunakan dalam proses merumuskan latar belakang penelitian dan proses menentukan variabel permasalahan.

Metode kualitatif adalah metode yang dilakukan untuk menguraikan kasus bersifat khusus dan sangat bergantung dari data pengamatan. Metode kualitatif digunakan dalam melakukan proses studi pustaka, proses analisis data (visual), dan proses evaluasi data.

Metode kuantitatif adalah metode yang dilakukan dengan objektif atau berdasarkan fenomena yang terjadi. Metode kuantitatif digunakan dalam proses menentukan objek penelitian (populasi dan sampel), proses pengumpulan data (primer), dan proses analisis data (pengukuran, simulasi, dan matematik).

Metode eksperimen adalah metode yang dilakukan dengan melakukan percobaan dengan berusaha mengontrol dan mengisolasi kondisi-kondisi pada penelitian. Metode eksperimen melalui 2 tahap, yaitu proses eksperimen 1 (perubahan selubung bangunan) dan proses eksperimen 2 (perubahan material bangunan).

Metode simulasi adalah metode yang dilakukan manipulasi dan kontrol untuk melihat pengaruh yang terjadi. Metode simulasi pada penelitian ini menggunakan *Softwear Autodesk Ecotect Analisis*. Metode simulasi pada penelitian ini melalui 3 tahap, yaitu proses simulasi 1 (validasi hasil terjemahan *Softwear Autodesk Ecotect Analisis*), proses simulasi 2 (penerapan eksperimen 1), dan proses simulasi 3 (penerapan eksperimen 2).

Metode evaluasi adalah metode yang dilakukan untuk memeriksa proses dan hasil dalam suatu program yang telah dilakukan. Metode evaluasi digunakan dalam menentukan hasil perbandingan sintesis data pada masing-masing prosesnya. Metode evaluasi pada penelitian ini melalui 2 tahap, yaitu proses evaluasi data 1 (sintesis data objek penelitian dengan sintesis data objek eksperimen 1) dan proses evaluasi data 2 (sintesis data objek eksperimen 2 dengan sintesis data objek eksperimen 1).

3.2. Tahap Awal Penelitian

Tahap awal penelitian ini adalah proses penelitian yang terstruktur dan sistematis, terdapat langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian serta cara yang akan digunakan dalam setiap penelitian. Tahap persiapan merupakan langkah yang dilakukan setelah perumusan gagasan. Tahap persiapan dalam melakukan penelitian, meliputi :

1. Pengamatan

Tahap pengamatan ini merupakan area penelitian yaitu pada kawasan bangunan rumah tinggal yang sudah ditetapkan. Pada tahapan ini pengamatan yang dilakukan merupakan pengamatan objek berupa fisik tapak dan fisik bangunan.

2. Tinjauan pustaka

Tahap tinjauan pustaka merupakan mencari landasan teori dan penelitian terdahulu dengan tema sejenis dengan fokus pada faktor selubung bangunan, faktor material bangunan, dan faktor kenyamanan suhu. Tinjauan pustaka tersebut menjadi dasar panduan dalam penelitian.

3. Identifikasi unsur-unsur yang akan diteliti

Tahapan ini berfungsi untuk membatasi fokus penelitian. Penetapan unsur-unsur yang akan di teliti sehingga tidak terjadi kerancuan pada penelitian. Fokus pada batasan tapak dan pemilihan kriteria pada bangunan yang di teliti.

4. Rencana teknik pengumpulan data

Tahap ini digunakan untuk mengumpulkan data di lapangan. Teknik pengumpulan data meliputi pengamatan, dokumentasi, penggalian data sekunder dari buku, dan penelitian terdahulu.

5. Persiapan penelitian

Tahap ini merupakan persiapan penggunaan alat untuk mempermudah pengerjaan kegiatan penelitian berupa pengamatan dan dokumentasi. Alat yang diperlukan berupa kamera untuk mendokumentasikan berupa foto maupun video, alat gambar untuk sketsa, dan alat ukur untuk mengukur dimensi ruang, suhu, dan kelembapan.

3.3. Instrumen Penelitian

Dalam mempermudah pengambilan data dan menganalisa data, diperlukan alat-alat yang mendukung sebagai berikut:

1. Kamera; Alat ini digunakan sebagai alat dokumentasi secara visual kondisi lokasi bangunan dan bukaan bangunan. *Output* berupa gambar dalam bentuk 2D.
2. Alat tulis; Sebagai alat mencatat proses hingga hasil penelitian dapat berupa, pensil, bolpoin, kertas atau buku, penggaris, dan sebagainya. *Output* berupa gambar sketsa dan arsip lain yang nantinya disertakan dalam lampiran.
3. Teori; Sebagai dasar menganalisa data dan pengolahan data, teori yang digunakan sesuai dengan teori yang telah ditemukan dalam tinjauan pustaka.
4. Program perangkat lunak
 - a. *Microsoft Word 2010*; Sebagai media yang membantu penulis dalam penyusunan dan memaparkan hasil penelitian. *Output* berupa data dalam alfabeth dan angka.
 - b. *Microsoft Excel 2010*; Sebagai media yang membantu penulis dalam menganalisa data angka yang akan digunakan. *Output* berupa data dalam angka dan tabel.
 - c. *Microsoft PowerPoint 2010*; Sebagai media yang membantu penulis dalam menganalisa data yang akan digunakan oleh penulis, dalam bentuk grafik dan diagram.

- d. *Software Autodesk AutoCad 2015*; Sebagai media yang membantu penulis dalam membuat modeling objek. *Output* berupa gambar detail objek.
 - e. *Software Google SketchUp Pro 8*; Sebagai media yang membantu penulis dalam membuat modeling objek. *Output* berupa gambar perspektif objek.
 - f. *Software Autodesk Ecotect Analisis 2011*; Sebagai media yang membantu penulis dalam mensimulasi data yang telah diolah. *Output* berupa suhu ruang sampel.
 - g. *Adobe Photoshop CS5*; Sebagai media yang membantu penulis dalam pengolahan gambar 2D. *Output* berupa gambar komunikatif.
5. Termometer Analog “*HOBO Data Logger*”; Pengukur termal digital Hobo Data Logger merupakan alat pengukur termometer dan kelembaban digital dengan merekam sebanyak 52.000 sampel pengukuran. Dapat merekam hasil termometer dan kelembaban disetiap detik. Alat ini telah melalui uji kualitas thermal lapangan dan telah diuji di laboratorium kalibrasi dengan sertifikat NIST (*Nasional Institute of Standart and Technology*). *Output* berupa data suhu ruang sampel.

3.4. Lokasi

Kabupaten Malang termasuk dalam wilayah Propinsi Jawa Timur. Secara geografis, terletak pada 112° 17' 10,90" sampai dengan 112° 57' 00" Bujur Timur dan 7° 44' 55,11" sampai dengan 8° 26' 35,45" Lintang Selatan. Batas Kabupaten Malang sebelah utara adalah Kabupaten Jombang, Mojokerto dan Pasuruan, sebelah selatan adalah samudera Indonesia, sebelah barat adalah Kabupaten Blitar dan Kediri, dan sebelah timur adalah Kabupaten Lumajang dan Probolinggo. Kondisi iklim Kabupaten Malang menunjukkan nilai kelembaban tertinggi adalah 90.74% yang jatuh pada bulan Desember, sedangkan nilai kelembaban terendah jatuh pada bulan Mei, rata-rata berkisar pada 87.47 %. Suhu rata-rata 26.1 – 28.3°C dengan suhu maksimal 32.29°C dan minimum 24.22 °C. Rata-rata kecepatan angin di empat stasiun pengamat antara 1,8 sampai dengan 4,7 km/jam. Kecepatan angin terendah yakni berkisar pada 0.55 km/jam umumnya jatuh pada bulan Nopember dan tertinggi yakni 2.16 km/jam jatuh pada bulan September. Curah hujan rata-rata berkisar antara 1.800 – 3.000mm per tahun, dengan hari hujan rata-rata antara 54 – 117 hari/tahun. Kota Kepanjen adalah wilayah kecamatan dari Kabupaten Malang.

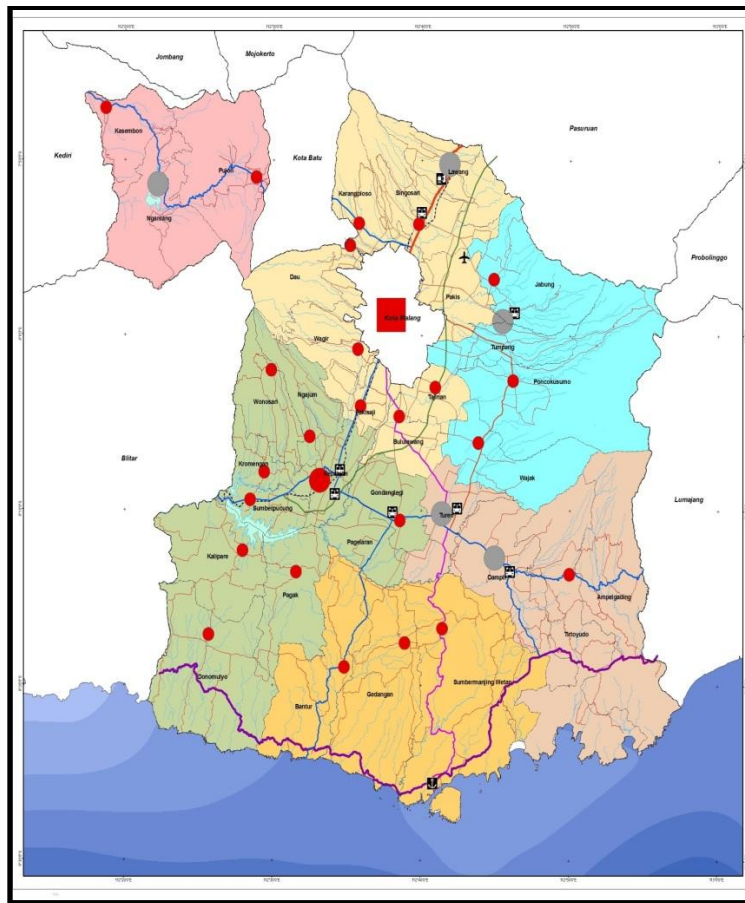
Topografi kabupaten Malang terdiri dari:

1. Kelerengan 0 - 2% yang meliputi kecamatan Bululawang, Gondanglegi, Tajinan, Turen, Kepanjen, Pagelaran dan Pakisaji
2. Kelerengan 2 - 15% yang meliputi kecamatan Singosari, Lawang, Karangploso, Dau, Pakis, bampit, Sumberpucung, Kromengan, Pagak, Kalipare, Donomulyo, Bantur, Ngajum dan Gedangan
3. Kelerengan 15 - 40% yang meliputi kecamatan Sumbermanjing Wetan, Wagir, dan Wonosari)
4. Kelerengan 40% meliputi kecamatan Pujon, Ngantang, Kasembon, Poncokusumo, Jabung, Wajak, Ampelgading dan Tirtoyudo

Kecamatan Kepanjen memiliki luas area 46,25 km². dengan jumlah populasi 93,347 jiwa (sensus penduduk kabupaten malang tahun 2013) dengan tingkat kepadatan 2.018 jiwa tiap km². Kota Kepanjen terdiri dari empat kelurahan dan empat belas desa, yaitu Kelurahan Kepanjen, Kelurahan Ardirejo, Kelurahan Panarukan, Kelurahan Cempokomulyo, Desa Mojosari, Desa Ngadilangkung, Desa Sukoharjo, Desa Talangagung, Desa Tegalsari, Desa Mangunrejo, Desa Sengguruh, Desa Curungrejo, Desa Jatirejo, Desa Dilem, Desa Panggung, Desa Kedungpandan, Desa Jenggolo, dan Desa Kemiri.

Kepanjen berbatasan langsung dengan beberapa kecamatan, yaitu

Sebelah utara	: Kecamatan Pakisaji
Sebelah timur	: Kecamatan Gondanglegi
Sebelah selatan	: Kecamatan Pagelaran dan Kecamatan Pagak
Sebelah barat	: Kecamatan Sumberpucung dan Kecamatan Kromengan



Gambar 3. 1. Peta kabupaten Malang

Sumber : Kantor Pemerintah Kabupaten Malang

3.5. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang menjadi pusat perhatian dalam penelitian sebab mempengaruhi hasil penelitian yang ingin dicapai. Variabel penelitian didapat berdasarkan kesesuaian antara pokok permasalahan dengan tinjauan pustaka. Variabel penelitian memiliki indikator yang menguatkan kesesuaian tersebut. Variabel penelitian pada penelitian yang berjudul “Optimasi Material kayu pada Selubung Bangunan Rumah Tinggal terhadap Suhu Netral dan Nilai OTTV” adalah suhu udara, material dinding, material atap, nilai OTTV, dan nilai RTTV.

Tabel 3. 1. Variabel penelitian

Identifikasi Masalah	Teori	Variabel	Indikator
Kondisi iklim tropis	Penurunan	Dinding	Penurunan suhu pada ruang dalam sangat

lembab yang mempengaruhi kenyamanan penghuni sehingga terjadi peningkatan konsumsi energi listrik pada sektor hunian.	Suhu	dan Atap	dipengaruhi oleh dinding dan atap. Dinding dan atap adalah komponen selubung bangunan yang berperan langsung dalam menahan suhu panas dari luar bangunan.
	Suhu Netral	Suhu Udara	Suhu udara sangat mempengaruhi manusia dalam merasakan nyaman atau tidak nyaman. Suhu dikatakan nyaman apabila manusia di dalamnya tidak merasa terlalu panas atau terlalu dingin (suhu netral).
	OTTV dan RTTV	OTTV dan RTTV	Bangunan yang berhasil dalam upaya konservasi energi apabila nilai perpindahan kalor menyeluruh selubung bangunan tidak lebih dari 45 Watt/m ² K
Material kayu pada selubung bangunan dapat menurunkan suhu ruang dalam dibandingkan penggunaan material konvensional.	<i>Thermal Properties Material</i>	Material Kayu	Material kayu memiliki kemampuan menyerap panas di sekitarnya. Daya serap panas material kayu sangat dipengaruhi oleh nilai <i>thermal properties</i> -nya (<i>density</i> , <i>conductivity</i> , dan <i>specific heat</i>)
Penduduk Desa Mojosari yang ingin merenovasi atau merevitalisasi hunian mereka guna mencapai kenyamanan suhu.	Penurunan Suhu	Dinding dan Atap	Penurunan suhu pada ruang dalam sangat dipengaruhi oleh dinding dan atap. Dinding dan atap adalah komponen selubung bangunan yang berperan langsung dalam menahan suhu panas dari luar bangunan.
	Suhu Netral	Suhu Udara	Suhu udara sangat mempengaruhi manusia dalam merasakan nyaman atau tidak nyaman. Suhu dikatakan nyaman apabila manusia di dalamnya tidak merasa terlalu panas atau terlalu dingin (suhu netral).
	<i>Thermal Properties Material</i>	Material Kayu	Material kayu memiliki kemampuan menyerap panas di sekitarnya. Daya serap panas material kayu sangat dipengaruhi oleh nilai <i>thermal properties</i> -nya (<i>density</i> , <i>conductivity</i> , dan <i>specific heat</i>)

3.6. Populasi dan Sampel

Populasi dan sampel ditentukan dengan metode kualitatif. Populasi dan sampel dipengaruhi oleh variabel permasalahan, batasan penelitian, dan studi pustaka.

3.6.1. Populasi

Populasi penelitian ini ditentukan dengan menggunakan metode kuantitatif. Populasi pada penelitian ini berdasarkan variabel permasalahan, batasan penelitian, dan studi pustaka. Populasi pada penelitian adalah rumah tinggal yang berada di Desa

Mojosari. Penjabaran pemilihan objek penelitian dari populasi rumah tinggal di Desa Mojosari sebagai berikut.

Tabel 3. 2. Tabel pemilihan objek penelitian

Hunian Paling Tua Di Desa Mojosari	Objek Berjenis Rumah Tunggal	Hunian dengan Spesifikasi Tertinggi pada Material Selubung Bangunan
		
		
		
		

Gambar 3. 2. Objek penelitian terpilih

3.6.2.Sampel

Sampel penelitian ini ditentukan dengan menggunakan metode kualitatif. Sampel pada penelitian ini berdasarkan variabel permasalahan, batasan penelitian, dan studi pustaka. Sampel pada penelitian adalah ruang yang terdapat di dalam rumah tinggal yang berada pada objek penelitian. Sampel terpilih dalam penelitian ini adalah teras, ruang tamu, dan ruang keluarga.

3.7. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah proses pencarian data yang diperlukan dalam melakukan penelitian. Metode yang digunakan dalam proses pengumpulan data adalah metode kuantitatif dan kualitatif. Metode yang digunakan tergantung dari jenis data yang diperoleh dalam masing-masing prosesnya. Jenis data pada proses pengumpulan data objek penelitian dibagi menjadi 2, yaitu data primer dan data sekunder. Berdasarkan perbedaan jenis data dan data yang dibutuhkan, proses pengumpulan data dibagi 3 macam. Macam-macam proses pengumpulan data adalah proses pengumpulan data eksisting, proses pengumpulan data simulasi 1, dan proses pengumpulan data simulasi 2.

3.7.1.Jenis Data

Metode pengumpulan data dibagi menjadi 2 cara. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode kuantitatif dan metode kualitatif. Metode yang digunakan tergantung dari jenis dan prosesnya. Jenis data pada objek penelitian dibagi menjadi 2. Berikut jenis data pada proses pengumpulan data.

1. Data Primer

Data primer diambil dengan metode kuantitatif. Data tersebut diperlukan untuk mengetahui perubahan suhu pada objek, mengetahui kondisi tapak eksisting, dan mengetahui permasalahan yang ada di sekitar tapak. Berikut alat dan hasil dalam proses pengumpulan data primer.

- a. Alat tulis beserta media tulis untuk mencatat hasil pengukuran.

- b. Kamera untuk dokumentasi foto objek penelitian
- c. Alat ukur untuk mengukur dimensi objek penelitian dan suhu ruangan.
- d. *Softwear Google SketchUp Pro 8* untuk mengukur luasan ruang, luasan bukaan, luasan atap, dan luasan dinding.
- e. *Softwear autodesk ecotect analisys 2011* untuk mengetahui perubahan suhu pada proses simulasi.

2. Data Sekunder

Data sekunder diambil dengan metode kualitatif. Data tersebut digunakan dalam melakukan analisis variabel penelitian. Berikut macam-macam proses dan data dari pengumpulan data sekunder.

a. Studi literatur

Studi literature bertujuan untuk mempertajam permasalahan dan mencari dukungan fakta dan mendapatkan informasi atau teori-teori dalam menentukan landasan teori. Literature yang didapat meliputi kajian yang berkaitan dengan teori-teori tentang iklim tropis lembab, permukiman perdesaan, selubung bangunan, kinerja thermal bangunan, indeks kenyamanan suhu, *thermal properties material*, dan karakteristik kayu.

b. Studi komparasi

Studi komparasi bertujuan untuk mengetahui penelitian-penelitian serupa yang pernah dilakukan. Penelitian komparasi yang didapat nantinya digunakan dalam menentukan arah atau proses penelitian. Data hasil studi komparasi didapat melalui jurnal-jurnal penelitian yang dapat di akses secara publik.

3.7.2. Macam Data

Berdasarkan perbedaan jenis data dan metode pengumpulan data, macam-macam proses pengumpulan data ada 4. Macam-macam proses pengumpulan data adalah

pengumpulan data eksisting, pengumpulan data simulasi 1, pengumpulan data simulasi 2, dan pengumpulan data simulasi 3.

1. Data Eksisting

Data eksisting adalah data yang berasal dari eksisting objek. Berikut data yang diperoleh dari proses pengumpulan data eksisting.

- a. Dimensi elemen selubung bangunan (alat ukur)
- b. Suhu ruang luar objek penelitian (*HOBO data logger*)
- c. Suhu ruang sampel objek penelitian (*HOBO data logger*)
- d. Data suhu Desa Mojosari (aplikasi ramalan cuaca tiap kota)
- e. Dasar teori (selubung bangunan, kenyamanan suhu, dan rumus OTTV/RTTV)
- f. Data *thermal properties material* (batu bata, dan genting tanah liat)

2. Data Simulasi 1

Data simulasi 1 adalah data yang berasal dari hasil proses simulasi 1 (objek eksisting). Berikut data yang didapat dari proses pengumpulan data simulasi 1.

- a. Suhu ruang sampel objek penelitian (*HOBO data logger* dan *Softwear Autodesk Ecotect Analysis 2010*)
- b. Suhu ruang luar (*HOBO data logger*)
- c. Dasar teori (validasi hasil simulasi)
- d. Data *thermal properties material* (batu bata, dan genting tanah liat)

3. Data Simulasi 2

Data simulasi 2 adalah data yang berasal dari hasil proses simulasi 2 (objek eksperimen 1). Berikut data yang didapat dari proses pengumpulan data simulasi 2.

- a. Dimensi elemen selubung bangunan (*Software Google SketchUp Pro 8*)
- b. Suhu ruang sampel objek penelitian (*Software Autodesk Ecotect Analysis 2010*)
- c. Dasar teori (validasi hasil simulasi, selubung bangunan, kenyamanan suhu, dan rumus OTTV/RTTV)
- d. Data *thermal properties material* (batu bata dan genting tanah liat)

4. Data Simulasi 3

Data simulasi 3 adalah data yang berasal dari hasil proses simulasi 3 (objek eksperimen 2). Berikut data yang didapat dari proses pengumpulan data simulasi 3.

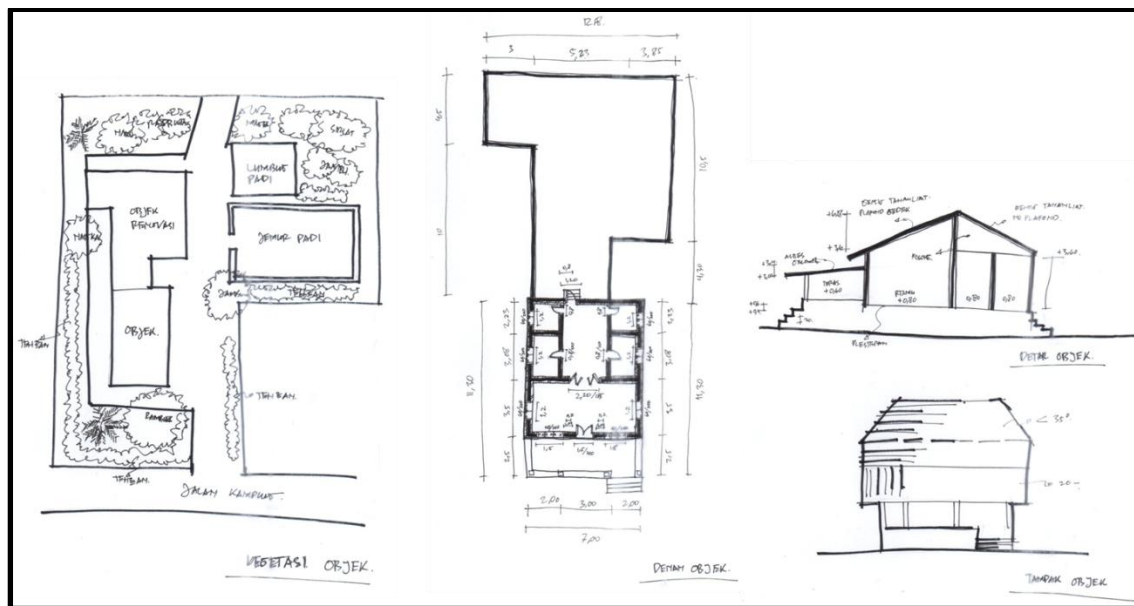
- a. Dimensi elemen selubung bangunan (*Software Google SketchUp Pro 8*)
- b. Suhu ruang sampel objek penelitian (*Software Autodesk Ecotect Analysis 2010*)
- c. Dasar teori (validasi hasil simulasi, selubung bangunan, kenyamanan suhu, dan rumus OTTV/RTTV)
- d. Data *thermal properties material* (batu bata, genting tanah liat, balsa, dan bambu)

3.8. Detail Objek Penelitian

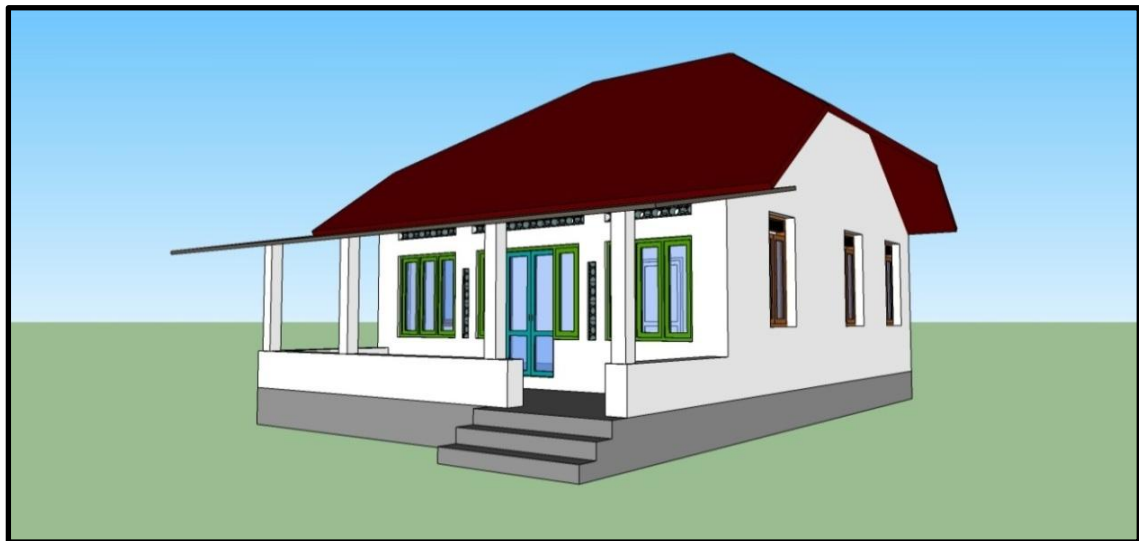
Data objek penelitian yang didapat dengan menggunakan metode kuantitatif. Data primer yang didapat adalah foto bangunan, denah bangunan, potongan bangunan, perspektif bangunan, tampak bangunan, material penyusun tiap ruang fungsional, luas bidang dinding, dan luas bidang bukaan.



Gambar 3. 3. Foto objek penelitian



Gambar 3. 4. Sketsa kondisi sekitar, denah, potongan, dan tampak



Gambar 3. 5. Perspektif objek penelitian

Tabel 3. 3. Material penyusun ruang fungsional pada objek penelitian

No	Nama ruang	Elemen	Material yang digunakan
1	Teras	Atap	Asbes gelombang
		Plafond	Tidak ada
		Dinding	Batu bata (60 cm dari lantai/ ketebalan 1 bata)
		Lantai	Plesteran semen
2	R. tamu	Atap	Genting tanah liat
		Plafond	Anyaman bambu (melekat pada usuk)
		Dinding	Batu bata (ketebalan 1 bata)

3	R. keluarga	Lantai	Plesteran semen
		Atap	Genting tanah liat
		Plafond	Anyaman bambu (melekat pada usuk)
		Dinding	Batu bata (ketebalan 1 bata dan 0.5 bata)
		Lantai	Plesteran semen
4	R. tidur	Atap	Genting tanah liat
		Plafond	Anyaman bambu (melekat pada usuk)
		Dinding	Batu bata (ketebalan 1 bata dan 0.5 bata)
		Lantai	Plesteran semen
5	Dapur	Atap	Genting tanah liat
		Plafond	Tidak ada
		Dinding	Batu bata (ketebalan 0.5 bata)
		Lantai	Plesteran semen

Tabel 3. 4. Luas selubung bangunan pada objek penelitian

Nama Bidang	Luas Bidang	Luas Bukaannya	Luas Total
Dinding Depan	14,37	9,69	24,06
Dinding Belakang	24,16	2,1	26,26
Dinding Samping Kiri	34,9	5,25	40,15
Dinding Samping kanan	34,9	5,25	40,15
Atap Genteng	108,65	-	108,65
Atap Asbes Gelombang	33,05	-	33,05

3.9. Peletakan Alat *HOBO Data Logger*

Metode yang digunakan pada pengukuran suhu ruang dalam adalah metode kuantitatif. Pengukuran menggunakan alat ukur *HOBO Data Logger*. Pengukuran bertempat di 4 titik pada masing-masing ruang sampel terpilih yaitu di ruang luar, teras, ruang tamu, dan ruang keluarga. Pengukuran dilakukan selama 30 hari tanpa berhenti, data suhu yang diambil adalah suhu ruang dalam tiap jam. Alat harus berada pada ketinggian 2m dari permukaan lantai. Hal ini, disebabkan oleh aktivitas para penghuni berada di permukaan lantai. Sehingga, tujuannya agar suhu manusia tidak mempengaruhi pengukuran.



Gambar 3. 6. Peletakan alat pada objek penelitian

3.10. Analisis Data

Analisis data adalah proses yang dilakukan untuk mengolah data primer dan data sekunder yang didapat. Data primer telah diperoleh selanjutnya dianalisis dengan data sekunder. Dari analisis tersebut didapatkan aspek-aspek yang perlu mendapat perlakuan khusus untuk mendapatkan kenyamanan suhu dan berhasil dalam upaya konservasi energi. Jenis analisis data pada penelitian dibagi menjadi 4 bagian. Jenis analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis visual, analisis pengukuran, analisis simulasi dan analisis matematik. Proses analisis data dibagi menjadi 3 macam tergantung tahapan dalam proses penelitian. Proses analisis data pada penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian. Proses analisis data pada penelitian ini adalah proses analisis data eksisting, proses analisis data eksperimen 1, dan proses analisis data eksperimen 2.

3.10.1. Jenis Analisis Data

Jenis analisis data pada penelitian ini adalah analisis visual, analisis pengukuran, analisis simulasi dan analisis matematik. Berikut penjabaran jenis analisis data dan *output* yang didapat dalam proses analisis data.

1. Analisis Visual

Analisis visual adalah analisis pada objek diamati berdasarkan perubahan yang terjadi pada objek penelitian. Analisis visual menggunakan metode kualitatif. Analisis visual menggunakan dasar teori yang telah ditetapkan, dan setelahnya dapat ditarik menjadi sintesis data atau sintesis hasil. Data yang dianalisis adalah data mengenai karakteristik objek penelitian atau data yang telah melalui proses analisis pengukuran, analisis simulasi, dan analisis matematik. Data yang dihasilkan dari analisis visual dapat berupa deskripsi, gambar, dan tabel. Hasil analisis visual nantinya digunakan dalam sintesis data dan/atau sintesis hasil.

2. Analisis Pengukuran

Analisis pengukuran adalah analisis kinerja suhu yang terjadi pada ruang luar dan/atau ruang dalam objek penelitian. Analisis pengukuran menggunakan metode kuantitatif. Analisis pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur atau data hasil validasi *softwear autodesk ecotect analysys 2011*. Hasil analisis pengukuran adalah suhu ruang luar dan suhu ruang sampel. Hasil analisis pengukuran nantinya digunakan dalam analisis visual dan/atau analisis matematik.

3. Analisis Simulasi

Analisis simulasi adalah analisis mengenai kinerja suhu yang terjadi pada ruang dalam objek penelitian. Analisis simulasi menggunakan metode kuantitatif. Analisis simulasi menggunakan media *softwear autodesk ecotect analysys 2011*. Hasil dari analisis simulasi adalah suhu ruang sampel. Hasil analisis simulasi nantinya digunakan dalam melakukan analisis pengukuran.

4. Analisis Matematik

Analisis matematik adalah analisis mengenai perhitungan data angka pada objek penelitian. Analisis matematik menggunakan metode kuantitatif. Analisis matematik menggunakan media *softwear microsoft excel 2010* namun tetap menerapkan rumus yang menjadi dasar teori pada penelitian. Hasil analisis matematik nantinya digunakan dalam analisis visual.

3.10.2. Macam Analisis Data

Proses analisis data dibagi menjadi 4 macam tergantung tahapan dalam penelitian ini. Macam-macam analisis data pada penelitian adalah analisis data eksisting, analisis data simulasi 1, analisis data simulasi 2, dan analisis data simulasi 3. Berikut macam analisis data dan jenis analisis data yang digunakan pada masing-masing prosesnya.

1. Analisis Data Eksisting

Analisis data eksisting adalah analisis yang dilakukan pada data objek penelitian asli. Jenis metode analisis data eksisting yang digunakan adalah analisis visual eksisting, analisis pengukuran eksisting, dan analisis matematik eksisting. Berikut jenis analisis data eksisting yang dilakukan dalam penelitian ini.

a. Analisis visual eksisting

Metode Analisis visual eksisting menggunakan metode kualitatif. Analisis visual eksisting menggunakan dasar teori selubung bangunan, kenyamanan suhu, karakteristik material, dan OTTV/RTTV. Hasil analisis visual eksisting adalah deskripsi, gambar, dan tabel. Hasil analisis visual eksisting nantinya digunakan dalam sintesis data eksisting.

b. Analisis pengukuran eksisting

Metode analisis pengukuran eksisting menggunakan metode kuantitatif. Analisis pengukuran eksisting menggunakan alat *HOBO Data Logger*. Hasil dari analisis pengukuran eksisting adalah suhu ruang luar dan suhu ruang sampel. Data hasil analisis pengukuran eksisting nantinya digunakan dalam analisis visual eksisting.

c. Analisis matematik eksisting

Metode analisis matematik eksisting menggunakan metode kuantitatif. Analisis matematik eksisting menggunakan media *softwear microsoft excel 2010* namun tetap menerapkan rumus perhitungan OTTV dan RTTV yang menjadi dasar

teori pada penelitian. Hasil analisis matematik eksisting nantinya digunakan dalam analisis visual eksisting.

2. Analisis Data Simulasi 1

Analisis data simulasi 1 adalah analisis yang dilakukan pada data objek simulasi 1. Jenis metode analisis data simulasi 1 yang digunakan adalah analisis visual 1 dan analisis simulasi 1. Berikut jenis analisis data simulasi 1 yang dilakukan dalam penelitian ini.

a. Analisis matematik 1

Metode analisis matematik 1 menggunakan metode kuantitatif. Analisis matematik 1 menggunakan media *software microsoft excel 2010* namun tetap menerapkan rumus validasi hasil simulasi. Validasi bertujuan untuk mengetahui tingkat kecocokan data hasil analisis simulasi 1 terhadap data suhu ruang dalam pada objek eksisting. Hasil analisis matematik 1 adalah data hasil validasi *software autodesk ecotect analysys 2011*. Hasil analisis matematik 1 nantinya digunakan dalam melakukan analisis pengukuran 2 dan analisis pengukuran 3.

b. Analisis simulasi 1

Metode analisis simulasi 1 menggunakan metode kuantitatif. Analisis simulasi 1 menggunakan media *software autodesk ecotect analysys 2011*. Hasil dari analisis simulasi 1 adalah suhu ruang sampel. Hasil analisis simulasi 1 nantinya digunakan dalam melakukan analisis visual 1.

3. Analisis Data Simulasi 2

Analisis data simulasi 2 adalah analisis yang dilakukan pada objek simulasi 2. Jenis metode analisis data simulasi 2 yang digunakan adalah analisis visual 2, analisis pengukuran 2, analisis simulasi 2, dan analisis matematik 2. Berikut jenis analisis data simulasi 2 yang dilakukan dalam penelitian ini.

a. Analisis visual 2

Metode Analisis visual 2 menggunakan metode kualitatif. Analisis visual 2 menggunakan dasar teori selubung bangunan, kenyamanan suhu, karakteristik material, dan OTTV/RTTV. Hasil analisis visual 2 adalah deskripsi, gambar, dan tabel. Hasil analisis visual 2 nantinya digunakan dalam sintesis data 1.

b. Analisis Pengukuran 2

Metode analisis pengukuran 2 menggunakan metode kuantitatif. Analisis pengukuran 2 menggunakan data hasil validasi. Hasil dari analisis pengukuran 2 adalah suhu ruang sampel. Data hasil analisis pengukuran nantinya digunakan dalam analisis visual 2.

c. Analisis Simulasi 2

Metode analisis simulasi 2 menggunakan metode kuantitatif. Analisis simulasi 2 menggunakan media *software autodesk ecotect analysys 2011*. Hasil dari analisis simulasi 2 adalah suhu ruang sampel. Data hasil analisis simulasi 2 nantinya digunakan dalam melakukan analisis pengukuran 2.

d. Analisis Matematik 2

Metode analisis matematik 2 menggunakan metode kuantitatif. Analisis matematik 2 menggunakan media *software microsoft excel 2010* namun tetap menerapkan rumus perhitungan OTTV dan RTTV yang menjadi dasar teori pada penelitian yang dilakukan. Hasil analisis matematik 2 nantinya digunakan dalam analisis visual 2.

4. Analisis Data Simulasi 3

Analisis data simulasi 3 adalah analisis yang dilakukan pada objek simulasi 3. Jenis metode analisis data simulasi 3 yang digunakan adalah analisis visual 3, analisis pengukuran 3, analisis simulasi 3, dan analisis matematik 3. Berikut jenis analisis data simulasi 3 yang dilakukan dalam penelitian ini.

a. Analisis visual 3

Metode Analisis visual 3 menggunakan metode kualitatif. Analisis visual 3 menggunakan dasar teori selubung bangunan, kenyamanan suhu, karakteristik material, dan OTTV/RTTV. Hasil analisis visual 3 adalah deskripsi, gambar, dan tabel. Hasil analisis visual 3 nantinya digunakan dalam sintesis data 2.

b. Analisis Pengukuran 3

Metode analisis pengukuran 3 menggunakan metode kuantitatif. Analisis pengukuran 3 menggunakan data hasil validasi. Hasil dari analisis pengukuran 3 adalah suhu ruang sampel. Data hasil analisis pengukuran nantinya digunakan dalam analisis visual 3.

c. Analisis Simulasi 3

Metode analisis simulasi 3 menggunakan metode kuantitatif. Analisis simulasi 3 menggunakan media *software autodesk ecotect analysys 2011*. Hasil dari analisis simulasi 3 adalah suhu ruang sampel. Data hasil analisis simulasi 3 nantinya digunakan dalam melakukan analisis visual 3.

d. Analisis Matematik 2

Metode analisis matematik 3 menggunakan metode kuantitatif. Analisis matematik 3 menggunakan media *software microsoft excel 2010* namun tetap menerapkan rumus perhitungan OTTV dan RTTV yang menjadi dasar teori pada penelitian yang dilakukan. Hasil analisis matematik 3 nantinya digunakan dalam analisis visual 3.

3.11. Metode Eksperimen

Metode eksperimen adalah metode yang dilakukan dengan melakukan percobaan dengan berusaha mengontrol dan mengisolasi kondisi-kondisi pada penelitian. Metode eksperimen melalui 2 tahap berdasarkan proses analisis data yang telah dilakukan. Proses eksperimen dalam penelitian ini adalah proses eksperimen 1 dan proses eksperimen 2. Berikut penjelasan proses yang dilakukan dan metode eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini beserta dasar penerapannya.

1. Eksperimen 1

Eksperimen 1 adalah proses penerapan metode eksperimen 1. Metode eksperimen 1 adalah melakukan percobaan perubahan pada selubung bangunan saja. Proses eksperimen 1 menggunakan objek hasil penerapan rekomendasi awal (selubung bangunan). Proses eksperimen 1 nantinya digunakan dalam proses simulasi 2 dan proses analisis data simulasi 2, hingga akhirnya melalui proses evaluasi data 1.

2. Eksperimen 2

Eksperimen 2 adalah proses penerapan metode eksperimen 2. Metode eksperimen 2 adalah melakukan percobaan perubahan selubung bangunan dan penggunaan material kayu pada selubung bangunan. Proses eksperimen 2 menggunakan model objek hasil penerapan rekomendasi awal (selubung bangunan). Proses eksperimen 2 nantinya digunakan dalam proses simulasi 3 dan proses analisis data simulasi 3. Hingga akhirnya melalui proses evaluasi 2. Perubahan material selubung bangunan menggunakan 3 macam alternatif. Alternatif perubahan material selubung bangunan adalah material bambu, material balsa, dan material kombinasi. Berikut penjelasan masing-masing alternatif pada proses eksperimen 2.

a. Alternatif Bambu

Alternatif bambu adalah penerapan material bambu pada selubung bangunan. Penerapan ini berdasarkan studi penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa material bambu dapat menurunkan suhu ruang sebesar 2.4°C pada bambu vertikal dan 2.7°C pada anyaman bambu (Setiowati dan Fikriani, 2009). Penerapan material bambu ada 3 macam yaitu bambu 1 (material bambu pada atap saja), bambu 2 (material bambu pada dinding saja), dan bambu 3 (material bambu pada atap dan dinding).

b. Alternatif Balsa

Alternatif balsa adalah penerapan material balsa pada selubung bangunan. Penerapan ini berdasarkan studi pustaka yang menyebutkan bahwa tingkat kekerasan kayu berbanding terbalik dengan penurunan suhu pada ruang dalam

(Panshin et al, 1964). Penerapan material balsa ada 3 macam yaitu balsa 1 (material balsa pada atap saja), balsa 2 (material balsa pada dinding saja), dan balsa 3 (material balsa pada atap dan dinding).

c. Alternatif Kombinasi

Alternatif kombinasi adalah penerapan material bambu dan balsa pada selubung bangunan. Penerapan ini berdasarkan studi pustaka dan studi peneliti terdahulu yang menyebutkan bahwa material bambu dapat menurunkan suhu ruang sebesar 2.4°C pada bambu vertikal dan 2.7°C pada anyaman bambu (Setiowati dan Fikriani, 2009) dan tingkat kekerasan kayu berbanding terbalik dengan penurunan suhu pada ruang dalam (Panshin et al, 1964). Penerapan material kombinasi ada 2 macam yaitu kombinasi 1 (material balsa pada atap dan bambu pada dinding) dan kombinasi 2 (material bambu pada atap dan balsa pada dinding).

3.12. Metode Simulasi






Metode simulasi adalah metode yang dilakukan dengan memanipulasi dan mengontrol suatu kondisi untuk nantinya diamati pengaruh yang terjadi. Metode simulasi pada penelitian ini menggunakan *Software Autodesk Ecotect Analysis*. Metode simulasi dibagi menjadi 3 macam. Macam-macam proses simulasi adalah proses simulasi 1 (objek eksisting), proses simulasi 2 (objek eksperimen 1), dan proses simulasi 3 (objek eksperimen 2). Hasil dari masing-masing proses simulasi nantinya melalui proses pengumpulan data simulasi dan proses analisis data, hingga akhirnya digunakan dalam sintesis data dan evaluasi data.






3.13. Model Objek Penelitian

Model objek penelitian adalah objek yang diteliti pada masing-masing proses pada penelitian ini. Masing-masing objek telah melalui proses dan penerapan metode yang berbeda-beda. Berikut objek penelitian yang akan diteliti pada penelitian ini.

Tabel 3. 5. Tabel detail model objek yang akan diteliti

No	Metode	Nama Objek	Material		Perspektif Objek
			Atap	Dinding	

1	Kuantitatif	Eksisting	Genting Tanah Liat	Batu Bata	
2	Eksperimen 1	Rekomendasi	Genting Tanah Liat	Batu Bata	
3		Bambu 1	Bambu	Batu Bata	
4	Eksperimen 2	Bambu 2	Genting Tanah Liat	Bambu	
5		Bambu 3	Bambu	Bambu	

6	Balsa 1	Balsa	Batu Bata	
7	Balsa 2	Genting Tanah Liat	Balsa	
8	Balsa 3	Balsa	Balsa	
9	Kombinasi 1	Balsa	Bambu	
10	Kombinasi 2	Bambu	Balsa	

3.14. Sintesis Data

Sintesis data adalah proses pengumpulan data hasil analisis data pada masing-masing objek penelitian. Proses sintesis data dibagi menjadi 4 bagian. Proses sintesis data pada penelitian ini adalah proses sintesis data eksisting, proses sintesis data 1, proses sintesis

data 2, dan proses sintesis data 3. Proses sintesis data eksisting, proses sintesis data 2, dan proses sintesis data 3, nantinya melalui proses evaluasi data.

3.15. Metode Evaluasi

Metode evaluasi adalah metode yang dilakukan dengan memeriksa proses dan hasil dalam suatu program yang telah dilakukan. Metode evaluasi digunakan dalam proses evaluasi data. Metode evaluasi data pada penelitian digunakan dalam proses evaluasi data 1 dan proses evaluasi data 2. Berikut penjelasan masing-masing proses dan hasilnya.

1. Evaluasi data 1

Evaluasi data 1 adalah penerapan metode evaluasi dengan membandingkan hasil dari proses sintesis data eksisting dengan proses sintesis data 2. Hasil dari proses evaluasi data 1 nantinya digunakan dalam sintesis hasil.

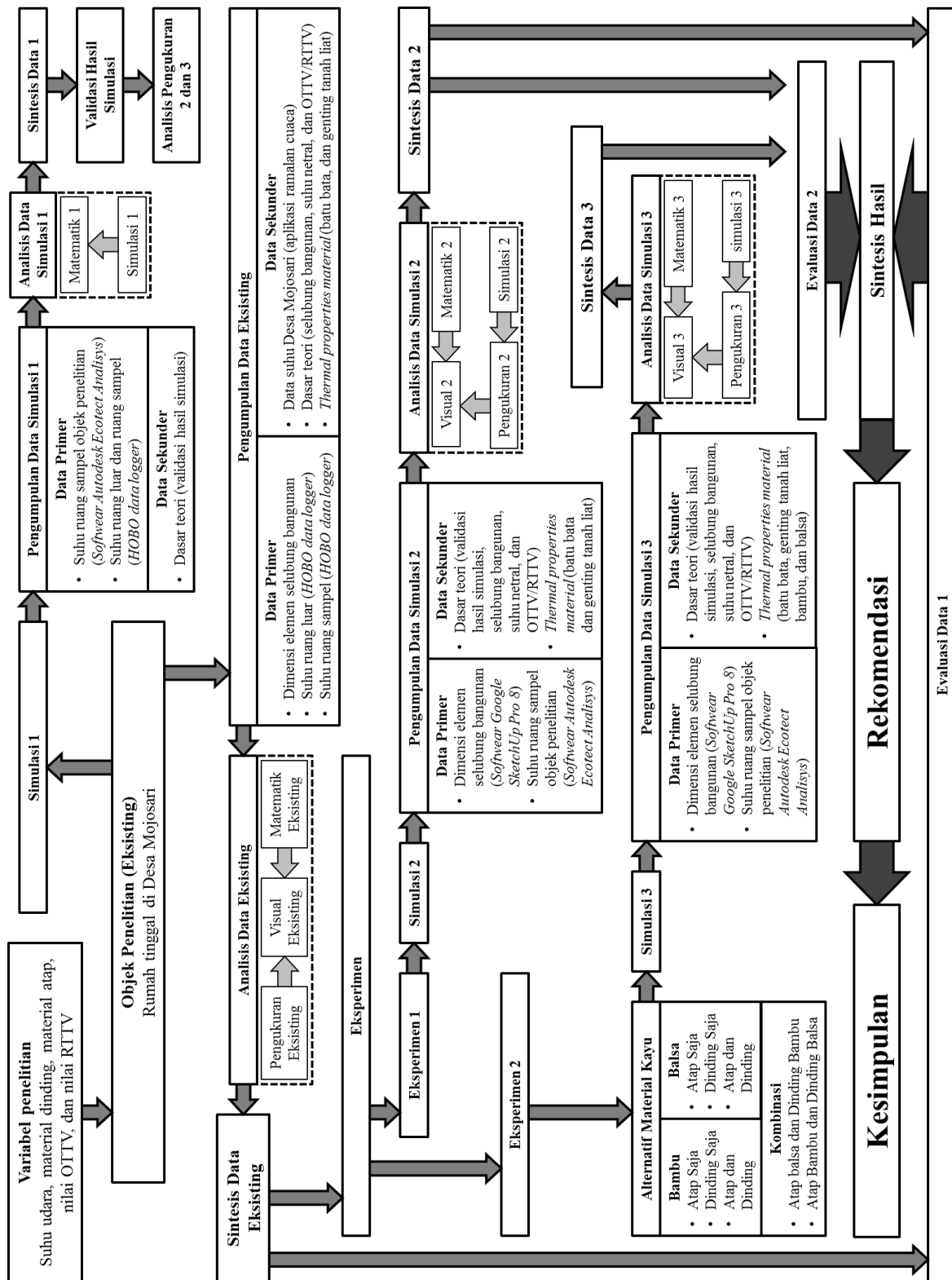
2. Evaluasi data 2

Evaluasi data 2 adalah penerapan metode evaluasi dengan membandingkan hasil data proses sintesis data 2 dengan proses sintesis data 3. Hasil dari proses evaluasi data 2 nantinya digunakan dalam sintesis hasil.

3.16. Sintesis Hasil

Sintesis hasil adalah proses yang dilakukan untuk mengumpulkan data dari proses evaluasi data 1 dan evaluasi data 2. Proses sintesis hasil menggunakan metode evaluasi. Proses sintesis hasil nantinya digunakan dalam menentukan kesimpulan, rekomendasi, dan penemuan yang didapat. Proses sintesis hasil ini sangat mempengaruhi keberhasilan penelitian dalam memenuhi tujuan penelitian. Apabila proses sintesis hasil tidak memenuhi tujuan penelitian, maka perlu dilakukan pengkajian ulang maupun evaluasi ulang guna mengetahui bagian mana yang perlu diubah guna tercapainya tujuan penelitian yang telah ditetapkan dari hasil penerapan metode komparatif.

3.17. Kerangka Alur Penelitian



Gambar 3. 7. Diagram alur penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Lokasi Objek Penelitian

Kabupaten Malang termasuk dalam wilayah Propinsi Jawa Timur. Secara geografis, terletak pada 112° 17' 10,90" sampai dengan 112° 57' 00" Bujur Timur dan 7° 44' 55,11" sampai dengan 8° 26' 35,45" Lintang Selatan. Batas Kabupaten Malang sebelah utara adalah Kabupaten Jombang, Mojokerto dan Pasuruan, sebelah selatan adalah samudera Indonesia, sebelah barat adalah Kabupaten Blitar dan Kediri, dan sebelah timur adalah Kabupaten Lumajang dan Probolinggo. Kondisi iklim Kabupaten Malang menunjukkan nilai kelembaban tertinggi adalah 90.74% yang jatuh pada bulan Desember, sedangkan nilai kelembaban terendah jatuh pada bulan Mei, rata-rata berkisar pada 87.47 %. Suhu rata-rata 26.1 – 28.3°C dengan suhu maksimal 32.29°C dan minimum 24.22 °C. Rata-rata kecepatan angin di empat stasiun pengamat antara 1,8 sampai dengan 4,7 km/jam. Kecepatan angin terendah yakni berkisar pada 0.55 km/jam umumnya jatuh pada bulan Nopember dan tertinggi yakni 2.16 km/jam jatuh pada bulan September. Curah hujan rata-rata berkisar antara 1.800 – 3.000mm per tahun, dengan hari hujan rata-rata antara 54 – 117 hari/tahun. Kota Kepanjen adalah wilayah kecamatan dari Kabupaten Malang.

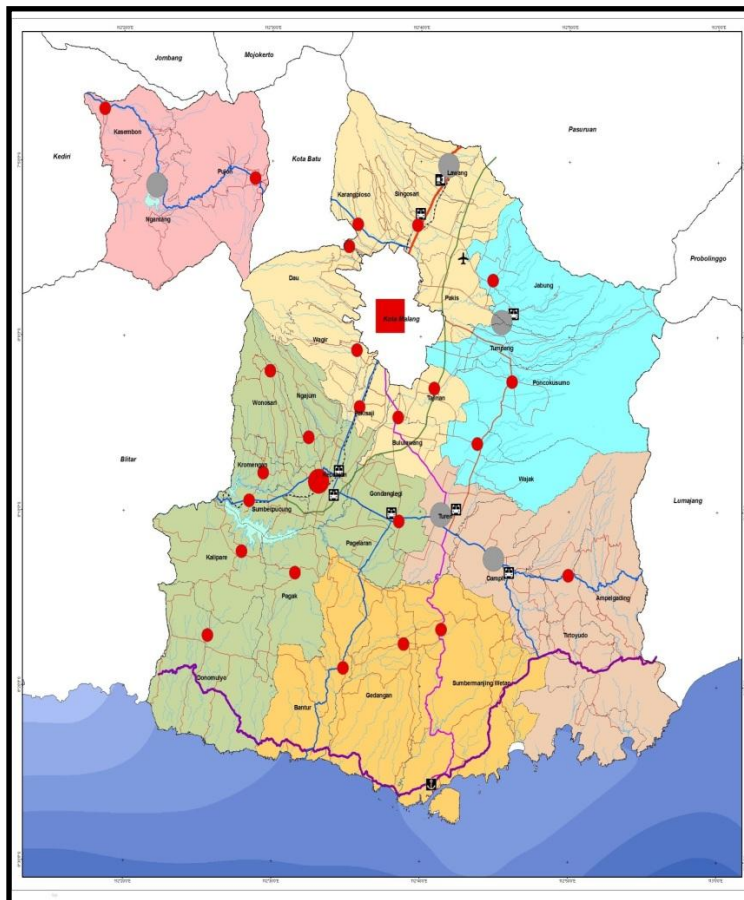
Topografi kabupaten Malang terdiri dari:

1. Kelerengan 0 - 2% yang meliputi kecamatan Bululawang, Gondanglegi, Tajinan, Turen, Kepanjen, Pagelaran dan Pakisaji
2. Kelerengan 2 - 15% yang meliputi kecamatan Singosari, Lawang, Karangploso, Dau, Pakis, bampit, Sumberpucung, Kromengan, Pagak, Kalipare, Donomulyo, Bantur, Ngajum dan Gedangan
3. Kelerengan 15 - 40% yang meliputi kecamatan Sumbermanjing Wetan, Wagir, dan Wonosari)
4. Kelerengan 40% meliputi kecamatan Pujon, Ngantang, Kasembon, Poncokusumo, Jabung, Wajak, Ampelgading dan Tirtoyudo

Kecamatan Kepanjen memiliki luas area 46,25 km². dengan jumlah populasi 93,347 jiwa (sensus penduduk kabupaten malang tahun 2013) dengan tingkat kepadatan 2.018 jiwa tiap km². Kota Kepanjen terdiri dari empat kelurahan dan empat belas desa, yaitu Kelurahan Kepanjen, Kelurahan Ardirejo, Kelurahan Panarukan, Kelurahan Cempokomulyo, Desa Mojosari, Desa Ngadilangkung, Desa Sukoharjo, Desa Talangagung, Desa Tegalsari, Desa Mangunrejo, Desa Sengguruh, Desa Curungrejo, Desa Jatirejo, Desa Dilem, Desa Panggung, Desa Kedungpandan, Desa Jenggolo, dan Desa Kemiri.

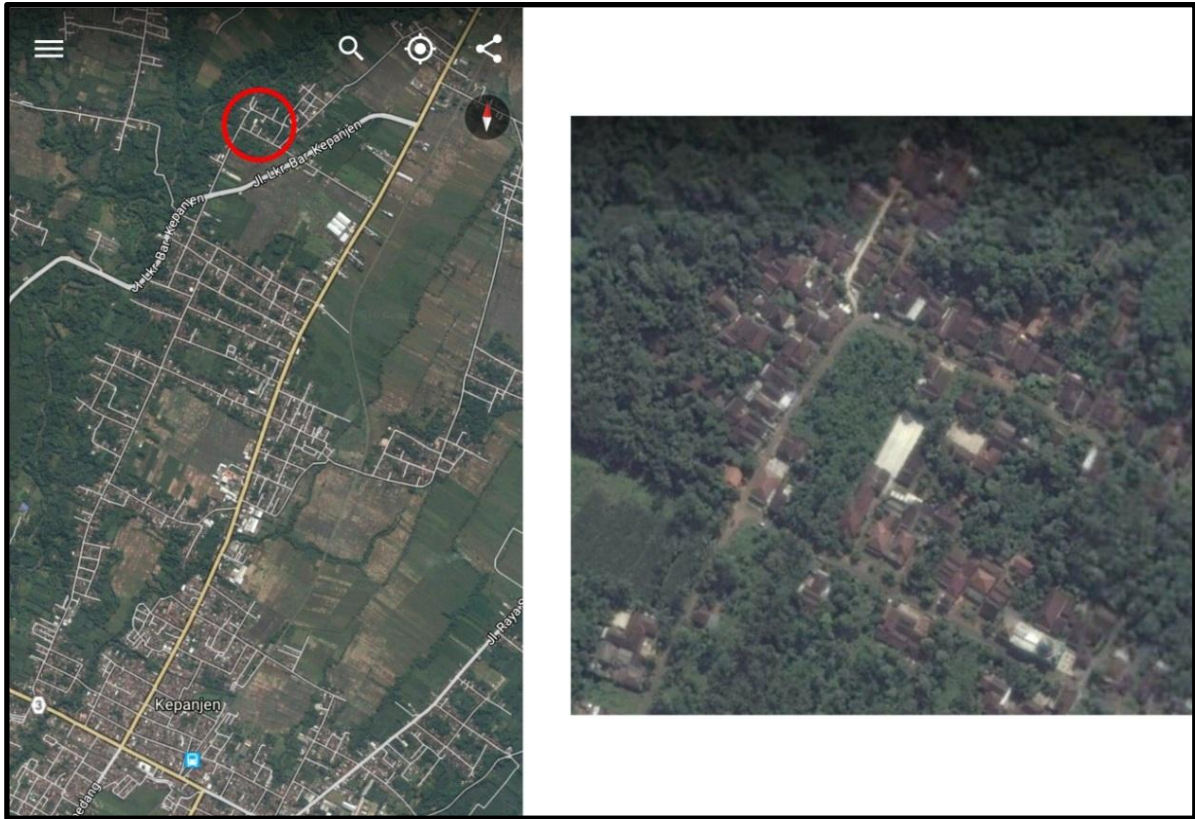
Kepanjen berbatasan langsung dengan beberapa kecamatan, yaitu

- Sebelah utara : Kecamatan Pakisaji
- Sebelah timur : Kecamatan Gondanglegi
- Sebelah selatan : Kecamatan Pagelaran dan Kecamatan Pagak
- Sebelah barat : Kecamatan Sumberpucung dan Kecamatan Kromengan



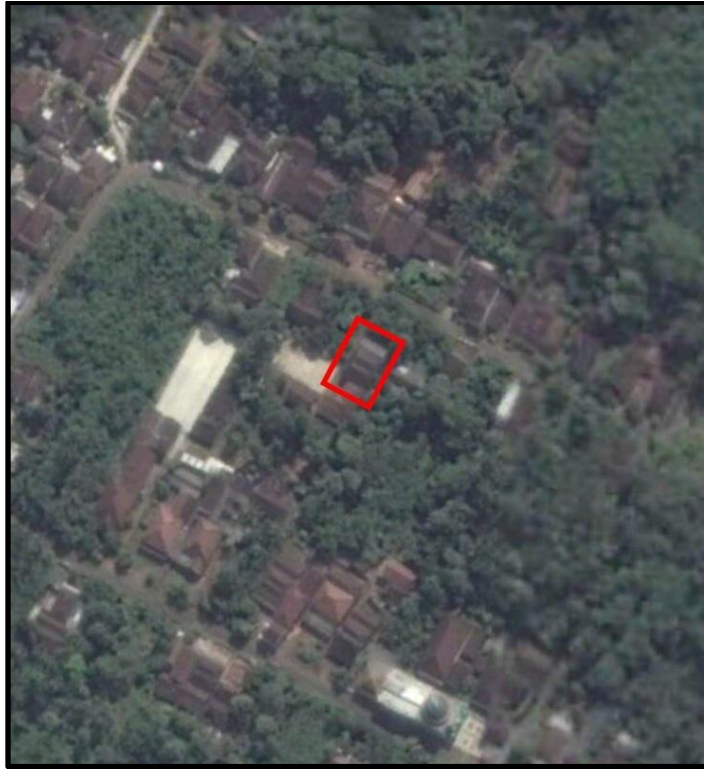
Gambar 4. 1. Peta kabupaten Malang

sumber : Kantor Pemerintah Kabupaten Malang



Gambar 4. 2. Lokasi Desa Mojosari

($112^{\circ}17'10,90''$ - $112^{\circ} 57' 00''$ BT dan $7^{\circ}44'55,11''$ - $8^{\circ}26'35,45''$ LS)



Gambar 4. 3. Lokasi objek penelitian

4.2. Objek Penelitian



Gambar 4. 4. Objek penelitian

Objek penelitian memiliki orientasi bangunan menghadap barat daya dan bangunan memanjang dari barat daya ke timur laut. Lingkungan sekitar bangunan ini dikelilingi dengan vegetasi, mulai vegetasi yang bertajuk kecil, sedang, dan besar. Material selubung bangunan menggunakan batu bata (dinding), genting tanah liat (atap), dan plesteran semen (lantai). Bangunan ini berdiri sejak tahun 1942 (paling tua di Desa Mojosari) memiliki spesifikasi selubung bangunan yang tinggi dibandingkan dengan bangunan yang memiliki bentuk yang hampir sama.

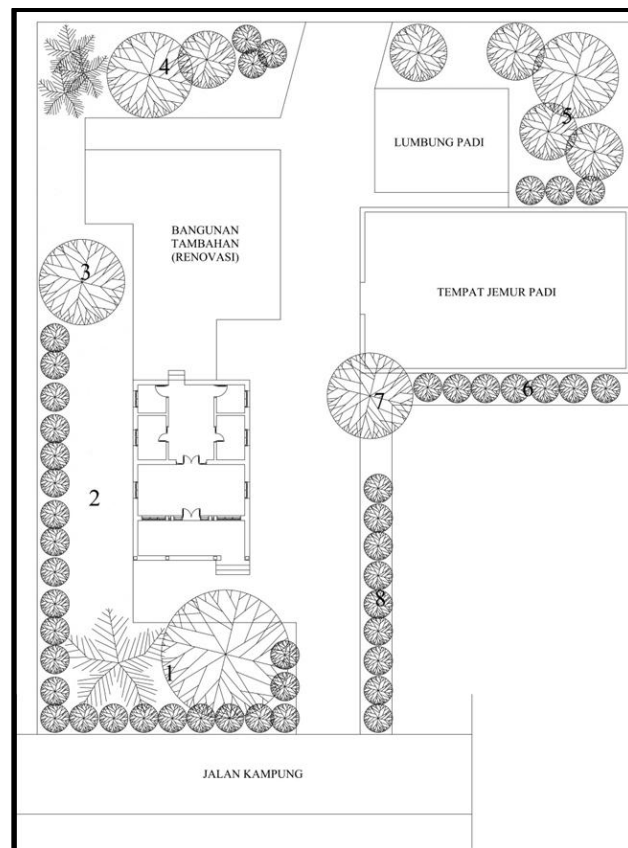
4.2.1. Eksisting Objek

1. Lingkungan Sekitar



Gambar 4. 5. Kondisi kawasan objek penelitian

Objek dikelilingi oleh banyak vegetasi dan bangunan. Pada sisi utara terdapat bangunan tetangga dengan ketinggian 8m dari tanah dan bangunan tambahan. Sisi selatan terdapat jalan kampung yang lebarnya 5m. Sisi timur terdapat tempat jemur padi, lumbung padi, dan bangunan tetangga dengan ketinggian 8m dari tanah. Sisi barat terdapat bangunan tetangga dengan ketinggian 8m dari tanah. Rumah nomor 5 dan 2 batas tanah tidak dikelilingi oleh tembok pagar tapi dikelilingi oleh pagar tanaman. Rumah nomor 6 batas tanah dikelilingi oleh tembok pagar dengan ketinggian 5m dari tanah. Sehingga tembok pagar batas tanah tidak berpengaruh pada penurunan suhu pada ruang dalam objek penelitian.



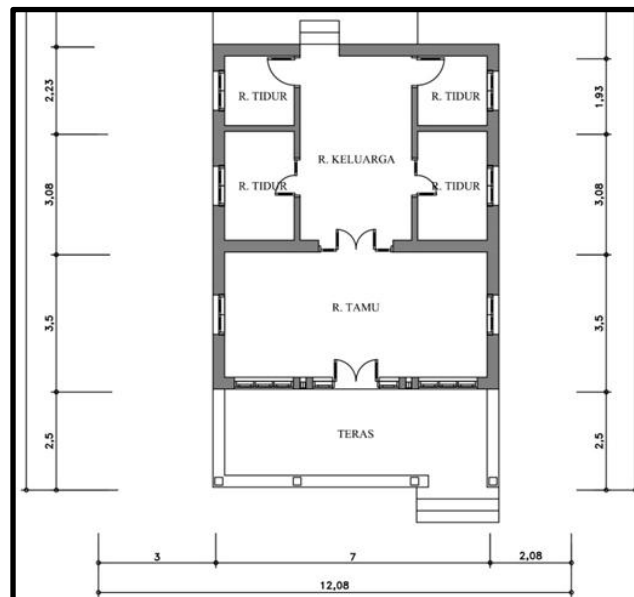
Gambar 4. 6. Vegetasi sekitar bangunan objek penelitian

Lingkungan sekitar bangunan dikelilingi vegetasi yang banyak mulai dari vegetasi bertajuk kecil sampai vegetasi bertajuk besar, ketinggiannya juga bermacam-macam mulai dari kurang dari 2m sampai lebih dari 8m, jenis daunnya kebanyakan kecil tapi *density*nya bermacam-macam. Berikut penjelasan lebih lengkapnya.

1. Vegetasi bertajuk besar memiliki ketinggian lebih kurang 6m dengan jenis daun kecil dan jarang berfungsi untuk memecah angin (pohon rambutan). Vegetasi bertajuk kecil memiliki ketinggian kurang dari 2m dengan jenis daun kecil dan lebat berfungsi untuk mengarahkan angin ke atas (tanaman teh-tehan).
2. Vegetasi bertajuk kecil memiliki ketinggian kurang dari 2m dengan jenis daun kecil dan lebat berfungsi untuk mengarahkan angin ke atas (tanaman teh-tehan).
3. Vegetasi bertajuk sedang memiliki ketinggian lebih kurang 3m dengan jenis daun kecil dan jarang berfungsi untuk memecah angin (pohon nangka).

4. Vegetasi bertajuk besar memiliki ketinggian lebih dari 8m dengan jenis daun kecil dan jarang berfungsi untuk memecah angin (pohon petai). Vegetasi bertajuk sedang memiliki ketinggian lebih kurang 6m dengan jenis daun kecil dan jarang berfungsi untuk mengarahkan angin (pohon rambutan). Vegetasi bertajuk kecil memiliki ketinggian kurang dari 2m dengan jenis daun lebar dan jarang berfungsi untuk mengarahkan angin ke atas (pohon salak). Vegetasi bertajuk kecil memiliki ketinggian kurang dari 2m dengan jenis daun kecil dan jarang berfungsi untuk memecah angin (tanaman kopi).
5. Vegetasi bertajuk besar memiliki ketinggian 6m dengan jenis daun kecil dan jarang berfungsi memecah angin (pohon rambutan). Vegetasi bertajuk sedang memiliki ketinggian lebih kurang 4m dengan jenis daun kecil dan lebat berfungsi untuk mengarahkan angin (pohon sirsat). Vegetasi bertajuk kecil memiliki ketinggian kurang dari 2m dengan jenis daun kecil dan lebat berfungsi untuk mengarahkan angin ke atas (tanaman teh-tehan).
6. Vegetasi bertajuk kecil memiliki ketinggian kurang dari 2m dengan jenis daun kecil dan lebat berfungsi untuk mengarahkan angin ke atas (tanaman teh-tehan).
7. Vegetasi bertajuk sedang memiliki ketinggian lebih kurang 4m dengan jenis daun kecil dan jarang berfungsi untuk memecah angin (pohon jambu biji).
8. Vegetasi bertajuk kecil memiliki ketinggian kurang dari 2m dengan jenis daun kecil dan lebat berfungsi untuk mengarahkan angin ke atas (tanaman teh-tehan).

2. Bangunan Objek



Gambar 4. 7. Denah objek penelitian

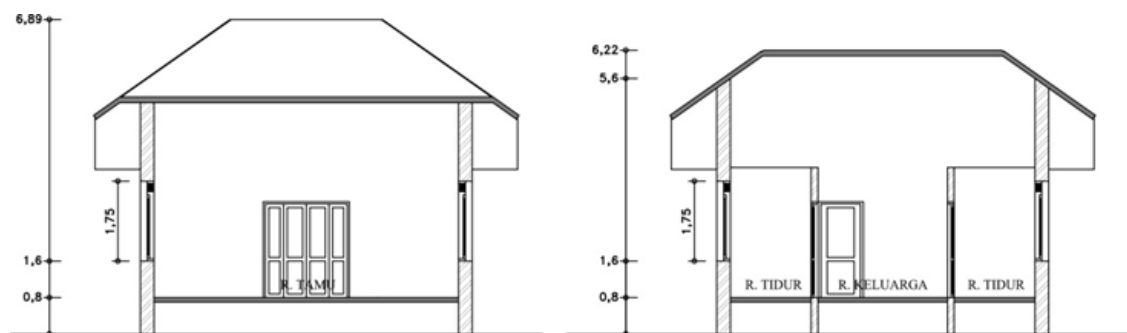
Objek penelitian memiliki ketebalan 30cm pada dinding luar dan memiliki ketebalan dinding 20cm pada dinding dalam. Dinding luar bangunan adalah dinding yang berhubungan langsung pada ruang luar. Sedangkan, dinding dalam adalah dinding yang menjadi pembatas antar ruang dalam. Pada masing-masing dinding luar terdapat jendela dan pintu utama. Jendela pada dinding luar bermaterial kaca dan kayu sebagai kusennya. Semua jendela pada dinding luar berjenis jendela sayap ganda dengan engsel di tiang kecuali jendela pada dinding depan bangunan. Masing-masing jendela samping memiliki jalusi di atasnya untuk memasukkan dan mengarahkan udara luar ke dalam bangunan atau sebaliknya pada saat jendela ditutup. Pintu utama bangunan ini bermaterial kaca dan kayu sebagai kusennya. Pintu utama diapit dengan jendela berjenis sayap tunggal dengan engsel di tiang. Pintu utamanya sendiri berjenis pintu sayap ganda dengan engsel di tiangnya. Pada dinding depan memiliki lubang angin-angin di atas jendela dan pintu. Pintu di dalam bangunan semuanya bermaterial kayu. Dinding yang menghubungkan ruang tamu dengan ruang keluarga memiliki ketebalan 30cm. Pintu yang menghubungkan ruang tamu dengan ruang keluarga berjenis pintu lipat. Dinding penyekat antar ruang tidur dan ruang keluarga memiliki ketebalan 20cm. Pintu ruang tidur depan berjenis engsel ganda dan ruang tidur belakang berjenis engsel tunggal.



Gambar 4. 8. Potongan membujur 1 pada bangunan



Gambar 4. 9. Potongan membujur 2 pada bangunan



Gambar 4. 10. Potongan melintang 1 dan 2 pada bangunan

Lantai ruang dalam bangunan mengalami kenaikan 80cm dan finising lantainya berupa plesteran saja tanpa tegel atau keramik. Tiap ruang menggunakan plafon dengan material anyaman bambu yang melekat pada usuk atap. Ketinggian dinding yang memisahkan ruang tamu dengan teras adalah 3,65m disertai dengan adanya lubang angin-angin di atas kusen pintu dan jendela. Ketinggian dinding yang memisahkan ruang tamu dengan ruang keluarga dan ruang tidur adalah 6,28m ketebalannya 30cm. Ketinggian dinding yang memisahkan ruang tidur dengan ruang keluarga adalah 3,40m ketebalannya 20cm. Akibat ketinggian dinding tersebut tidak sampai atap maka terjadilah pertukaran udara ruang tidur dengan ruang keluarga.

4.2.2. Hasil Pengukuran

1. Suhu Desa

Tabel 4. 1. Suhu Desa Mojosari pada tanggal 11/8/2017 – 11/9/2017

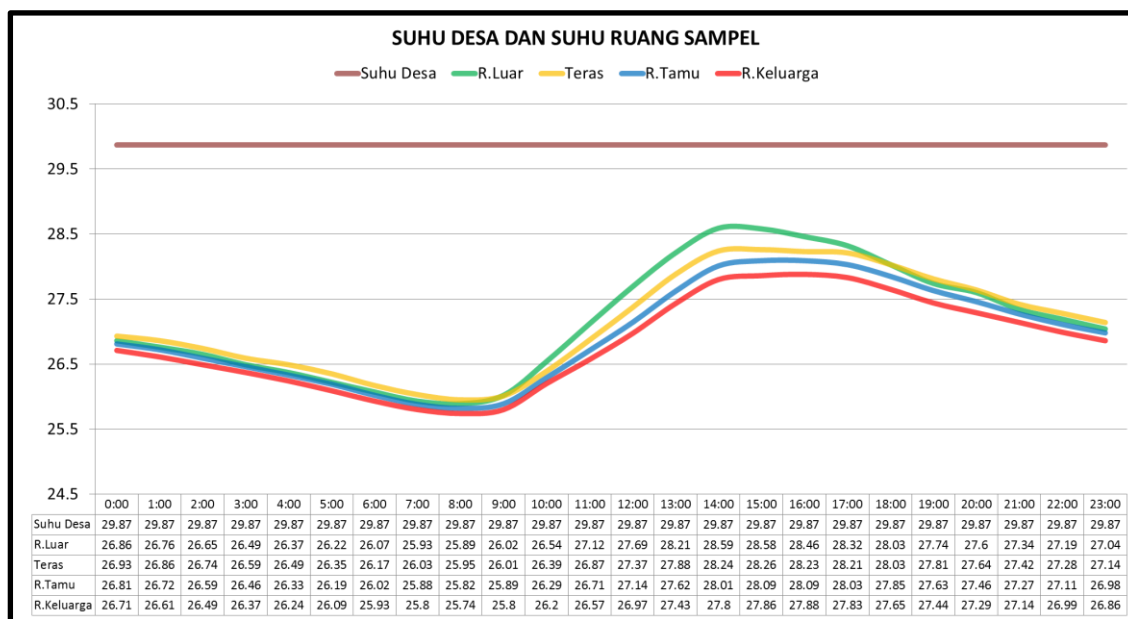
Tanggal	Suhu Maks(K)	Suhu Min(K)	Suhu Rata-Rata
11-Aug-17	93	74	28.61
12-Aug-17	93	74	28.61
13-Aug-17	93	75	28.88
14-Aug-17	93	76	29.16
15-Aug-17	91	73	27.77
16-Aug-17	92	74	28.33
17-Aug-17	93	73	28.33
18-Aug-17	91	76	28.61
19-Aug-17	93	75	28.88
20-Aug-17	92	73	28.05
21-Aug-17	92	74	28.33
22-Aug-17	92	73	28.05
23-Aug-17	94	76	29.44
24-Aug-17	93	76	29.16
25-Aug-17	94	76	29.44
26-Aug-17	92	73	28.05
27-Aug-17	91	74	28.05
28-Aug-17	92	79	29.72
29-Aug-17	93	75	28.88
30-Aug-17	92	74	28.33
31-Aug-17	93	77	29.44
01-Sep-17	94	73	28.61
02-Sep-17	95	73	28.88
03-Sep-17	94	76	29.44
04-Sep-17	95	77	30
05-Sep-17	93	77	29.44
06-Sep-17	93	76	29.16
07-Sep-17	93	76	29.16
08-Sep-17	94	76	29.44
09-Sep-17	103	71	30.55
10-Sep-17	94	77	29.72
11-Sep-17	93	77	29.44

Sumber : <https://m.accuweather.com>

Berdasarkan data diatas maka suhu rata-rata di Desa Mojosari pada tanggal 11 Agustus 2017 sampai 11 September 2017 adalah 29,87°C. Suhu rata-rata Desa pada hari pengukuran akan digunakan dalam menganalisa kondisi lingkungan sekitar.

2. Suhu Ruang Sampel

Pengukuran pada objek penelitian dilakukan pada tanggal 11 Agustus 2017 sampai 11 September 2017 dengan menggunakan 3 alat yang berada di teras, ruang tamu dan ruang keluarga. Pengukuran pada ketiga ruang sampel berlangsung selama 30 hari. Proyeksi 30 hari pengukuran pada ruang sampel dirata-rata guna mengetahui suhu ruang sampel dalam 30 hari. Suhu hasil proyeksi tiap jam nantinya digunakan dalam menganalisa pengaruh selubung bangunan terhadap suhu netral dan penurunan suhu. Hasil proyeksi menghasilkan suhu rata-rata desa (29.87°C), ruang luar (27,15°C), teras (27,12°C), ruang tamu (26.96°C), dan ruang keluarga (26,82°C).



Gambar 4. 11. Grafik suhu ruang sampel pada objek

a. Ruang luar

Kondisi suhu ruang luar dipengaruhi oleh banyaknya vegetasi di sekitar tapak dan bangunan yang ada di sekitar objek penelitian. Suhu ruang luar menunjukkan suhu maksimum sebesar 28.59°C pada jam 14:00. Suhu ruang luar menunjukkan suhu minimal sebesar 25.89°C pada jam 08:00.

Suhu ruang luar mengalami penurunan rata-rata sebesar 2.72°C dari suhu desa. Penurunan maksimum sebesar 3.98°C pada jam 08:00 dari suhu desa. Penurunan minimum sebesar 1.28°C pada jam 14:00 dari suhu desa.

b. Teras

Kondisi suhu teras dipengaruhi oleh material penyusun dinding dan atap pada objek penelitian. Suhu teras menunjukkan suhu maksimum sebesar 28.26°C pada jam 15:00. Suhu teras menunjukkan suhu minimal sebesar 25.95°C pada jam 08:00.

Suhu teras mengalami penurunan rata-rata sebesar 0.03°C dari suhu ruang luar. Penurunan maksimum sebesar 0.35°C pada jam 14:00 dari suhu ruang luar. Suhu teras tidak mengalami penurunan dari suhu ruang luar pada jam 18:00.

c. Ruang tamu

Kondisi suhu ruang tamu dipengaruhi oleh material penyusun dinding dan atap pada objek penelitian. Suhu ruang tamu menunjukkan suhu maksimum sebesar 28.09°C pada jam 15:00 - 16:00. Suhu ruang tamu menunjukkan suhu minimal sebesar 25.95°C pada jam 08:00.

Suhu ruang tamu mengalami penurunan rata-rata sebesar 0.2°C dari suhu ruang luar. Penurunan maksimum sebesar 0.59°C pada jam 13:00 dari suhu ruang luar. Penurunan minimum sebesar 0.03°C pada jam 03:00 dari suhu ruang luar.

Suhu ruang tamu mengalami penurunan rata-rata sebesar 0.16°C dari suhu teras. Penurunan maksimum sebesar 0.26°C pada jam 13:00 dari suhu teras. Penurunan minimum sebesar 0.1°C pada jam 10:00 dari suhu teras.

d. Ruang keluarga

Kondisi suhu ruang keluarga dipengaruhi oleh material penyusun dinding dan atap pada objek penelitian. Suhu ruang keluarga menunjukkan suhu maksimum sebesar 27.88°C pada jam 16:00. Suhu keluarga menunjukkan suhu minimal sebesar 25.75°C pada jam 08:00.

Suhu ruang keluarga mengalami penurunan rata-rata sebesar 0.33°C dari suhu ruang luar. Penurunan maksimum sebesar 0.79°C pada jam 14:00 dari suhu ruang luar. Penurunan minimum sebesar 0.12°C pada jam 03:00 dari suhu ruang luar.

Suhu ruang keluarga mengalami penurunan rata-rata sebesar 0.3°C dari suhu teras. Penurunan maksimum sebesar 0.45°C pada jam 13:00 dari suhu teras. Penurunan minimum sebesar 0.21°C pada jam 08:00 - 09:00 dari suhu teras.

Suhu ruang keluarga mengalami penurunan rata-rata sebesar 0.14°C dari suhu ruang tamu. Penurunan maksimum sebesar 0.23°C pada jam 15:00 dari suhu teras. Penurunan minimum sebesar 0.08°C pada jam 07:00 - 08:00 dari suhu ruang tamu.

4.2.3. Perhitungan OTTV dan RTTV

1. OTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan OTTV, beberapa variabel dalam rumus OTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas dinding dan bukaan pada orientasi tertentu, nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi tertentu (WWR), nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w), nilai beda temperatur ekuivalen (T_{Dek}), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_f).

a. Luas bidang dinding, bukaan, dan total

Tabel 4. 2. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek asli

Nama Bidang	Luas Bidang	Luas Bukaan	Luas Total
Dinding Depan	14.37	9.69	24.06
Dinding Belakang	24.16	2.1	26.26
Dinding Kiri	34.9	5.25	40.15
Dinding Kanan	34.9	5.25	40.15

- b. Nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding (WWR)

Tabel 4. 3. Nilai WWR pada objek asli

Nama Bidang	Luas Bukaan	Luas Total	Nilai WWR
Dinding Depan	9.69	24.06	0.40
Dinding Belakang	2.1	26.26	0.08
Dinding Kiri	5.25	40.15	0.13
Dinding Kanan	5.25	40.15	0.13

- c. Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 4. Nilai radiasi matahari pada objek asli

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Dinding Depan	0.89	0.3	0.595
Dinding Belakang	0.89	0.3	0.595
Dinding Kiri	0.89	0.3	0.595
Dinding Kanan	0.89	0.3	0.595

- d. Nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w)

Tabel 4. 5. Nilai U_w pada objek asli

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	U_w
Dinding Depan	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Belakang	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Kiri	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Kanan	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36

- e. Nilai beda temperatur ekuivalen (TDek)

Tabel 4. 6. Nilai TDek dinding pada objek asli

Nama Bidang	Density	TDek
Dinding Depan	150	12
Dinding Belakang	150	12
Dinding Kiri	150	12
Dinding Kanan	150	12

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada dinding luar bangunan (OTTV) adalah nilai total OTTV tiap dinding luar dibagi luas total dinding luar. Nilai OTTV pada objek penelitian adalah 18.396 Watt/m². Sehingga bangunan objek penelitian sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (SNI 03-6389-2000).

2. RTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan RTTV, beberapa variabel dalam rumus RTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas bidang atap tak tembus cahaya dan tembus cahaya, nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s).

- a. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Tabel 4. 11. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Nama Bidang	Luas Tak Tembus Cahaya	Luas Tembus Cahaya	Luas Total
Atap	141.7	0	141.7

- b. Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 12. Nilai *absorbtansi* radiasi matahari pada objek asli

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Atap	0.56	0.88	0.72

- c. Nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r)

Tabel 4. 13. Nilai U_r pada objek asli

Nama Bidang	Density	U_r
Atap	150	0.8

- d. Nilai beda temperatur ekuivalen (TDek)

Tabel 4. 14. Nilai TDek atap pada objek asli

Nama Bidang	Density	Tdek
Atap	150	20

- e. Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Atap pada objek tidak terdapat *skylight* sehingga nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* adalah 0.

- f. Nilai radiasi matahari (SF)

Nilai radiasi matahari pada atap sesuai ketentuan yaitu 316 Watt/m²

- g. Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Us)

Tabel 4. 15. Nilai Us pada objek asli

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	Us
Atap	0.04	0.29	0.05	1.15	0.043	0.373	2.678

- h. Nilai RTTV

Tabel 4. 16. Perhitungan nilai RTTV objek asli

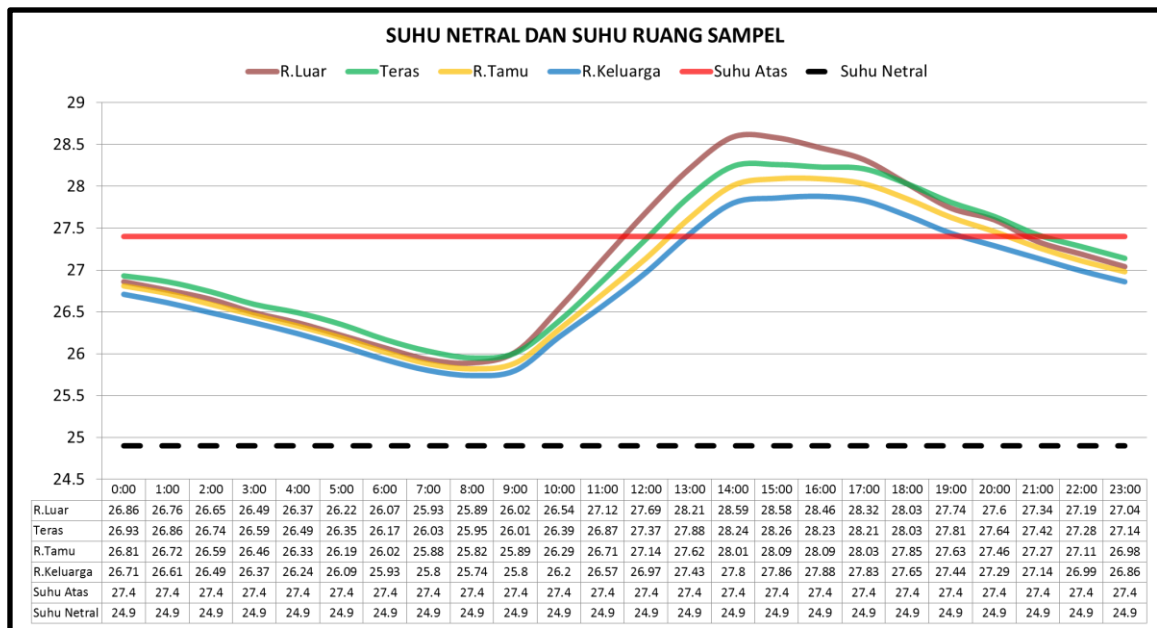
Nama Bidang	α	Ar	As	Ur	TDek	SC	SF	Us	A	RTTV
Atap	0.72	141.7	0	0.8	20	0	316	2.347	141.7	11.52
NILAI RTTV(Roof Thermal Transfer Value)										11.52

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada atap bangunan (RTTV) adalah nilai total RTTV tiap atap dibagi luas total atap. Nilai RTTV pada objek penelitian adalah 11.52 Watt/m². Sehingga bangunan objek penelitian sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (SNI 03-6389-2000).

4.3. Analisis Objek penelitian

4.3.1. Suhu Ruang Sampel

1. Suhu Netral



Gambar 4. 12. Grafik suhu netral dan suhu ruang sampel pada objek

Semua suhu hasil pengukuran ruang luar, teras, ruang tamu, dan ruang keluarga melewati batas atas suhu netral. Jadi manusia merasa tidak nyaman pada kondisi tersebut. Kondisi ini dipengaruhi faktor selubung bangunan yang sudah dijelaskan pada tiap ruang. Berikut penjelasan suhu ruang sampel terhadap suhu nyaman

a. Ruang luar

Menurut Nugroho (2009) suhu netral manusia ada pada titik 24,9°C dengan rentan nyaman 5°C. Grafik diatas menunjukkan suhu ruang luar melewati batas atas pada jam 11:30 - 21:00. Jadi selama 9,5 jam, suhu pada ruang luar terasa tidak nyaman. Maka diperlukan melakukan penambahan vegetasi guna memaksimalkan kenyamanan suhu pada manusia.

b. Teras

Menurut Nugroho (2009) suhu netral manusia ada pada titik 24,9°C dengan rentan nyaman 5°C. Grafik diatas menunjukkan suhu teras melewati batas atas pada jam 12:00 - 21:00. Jadi, selama 9 jam, suhu pada teras terasa tidak nyaman. Maka diperlukan suatu upaya dalam meningkatkan kenyamanan manusia terhadap suhu. Salah satunya, memperhatikan kondisi selubung bangunan seperti bukaan, atap, dinding, dan tritisan. Selain itu menggunakan material-material selubung bangunan yang berbeda dengan objek penelitian diharapkan dapat memaksimalkan kenyamanan suhu penghuni.

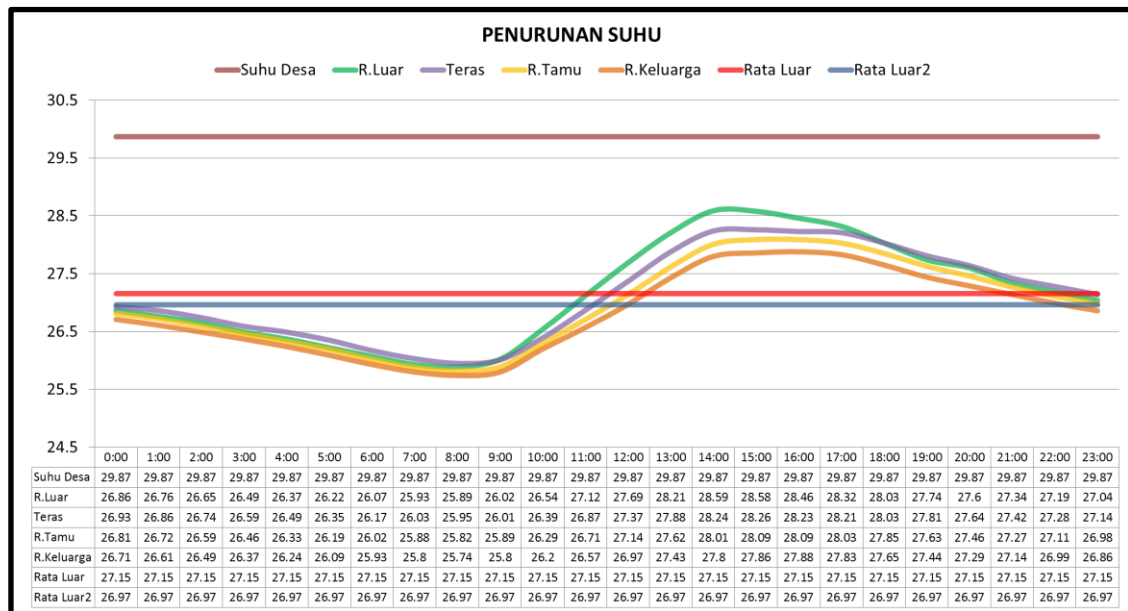
c. Ruang tamu

Menurut Nugroho (2009) suhu netral manusia ada pada titik 24,9°C dengan rentan nyaman 5°C. Grafik diatas menunjukkan suhu teras melewati batas atas pada jam 13:00 - 20:00. Jadi selama 7 jam, suhu pada ruang tamu terasa tidak nyaman. Maka diperlukan suatu upaya dalam meningkatkan kenyamanan manusia terhadap suhu. Salah satunya, memperhatikan kondisi selubung bangunan seperti bukaan, atap, dinding, dan tritisan. Selain itu menggunakan material-material selubung bangunan yang berbeda dengan objek penelitian diharapkan dapat memaksimalkan kenyamanan suhu penghuni.

d. Ruang keluarga

Menurut Nugroho (2009) suhu netral manusia ada pada titik 24,9°C dengan rentan nyaman 5°C. Grafik diatas menunjukkan suhu teras melewati batas atas pada jam 13:00 - 19:00. Jadi selama 6 jam, suhu pada ruang keluarga terasa tidak nyaman. Maka diperlukan suatu upaya dalam meningkatkan kenyamanan manusia terhadap suhu. Salah satunya, memperhatikan kondisi selubung bangunan seperti bukaan, atap, dinding, dan tritisan. Selain itu menggunakan material-material selubung bangunan yang berbeda dengan objek penelitian diharapkan dapat memaksimalkan kenyamanan suhu penghuni.

2. Penurunan Suhu



Gambar 4. 13. Grafik penurunan suhu

Berdasarkan grafik di atas penurunan suhu pada tiap ruang sangat tidak maksimal. Hal ini dipengaruhi oleh faktor-faktor pada selubung bangunan. Berikut penjelasan tentang penurunan suhu pada tiap ruang sampel.

a. Ruang luar

Suhu desa hasil rata-rata sebesar 29,87°C dan suhu ruang luar hasil rata-rata sebesar 27,15°C. Tapak sekitar bangunan tidak melakukan perkerasan (plester, paving, dan lain-lain). Vegetasi di sekitar bangunan yang sebagian besar memiliki jenis daun kecil (tumbuhan biji-bijian) dengan dimensi yang kecil (kurang dari 2m), sedang (2m - 6m), dan tinggi (lebih dari 8m). Penataan vegetasi kecil sebagai batas tapak, vegetasi sedang berdekatan dengan bangunan. Kondisi ini dapat menurunkan suhu sebesar 2,72°C.

b. Teras

Suhu rata-rata ruang luar sebesar 27.15°C dan suhu rata-rata teras sebesar 27.12°C. Penurunan suhu ruang luar dengan teras sebesar 0.03°C. Kondisi ini disebabkan oleh tidak adanya dinding masif yang memisahkan ruang luar dengan

teras sehingga perpindahan suhu terjadi dengan bebas (Lippsmeier, 1994). Atap yang tidak memiliki *plafond* menyebabkan konveksi kalor ke bidang fungsional (Mangunwijaya, 2000). Maka diperlukan penambahan *plafond* dan menambahkan dinding berongga guna memenuhi kebutuhan teras dan memaksimalkan penurunan suhu pada teras.

Menurut Rosenlund (2000), jenis material juga berpengaruh pada penurunan suhu. Material atap menggunakan asbes gelombang (komposit) memiliki kapasitas penyimpanan kalor sebesar 0,31 Wh/KgK dan penyaluran kalor 0,43 W/mK. Material dinding menggunakan batu bata memiliki kapasitas penyimpanan kalor sebesar 0,26 Wh/KgK dan penyaluran panas 0,52 W/mK. Sehingga pemakaian asbes gelombang pada atap dan batu bata pada dinding kurang berpengaruh dalam penurunan suhu. Maka diperlukan perubahan material pada teras guna memaksimalkan penurunan suhu.

c. Ruang tamu

Suhu rata-rata ruang luar sebesar 27.15°C dan suhu rata-rata ruang tamu sebesar 26.95°C. Penurunan suhu ruang luar dengan ruang tamu sebesar 0.20°C. Kondisi ini disebabkan oleh tidak adanya *shading device* pada jendela yang berada di sisi samping ruang sehingga perpindahan kalor ruang luar melewati jendela kaca (Lippsmeier, 1994). Atap yang tidak memiliki ruang *plafond* menyebabkan konveksi kalor atap tidak maksimal (Mangunwijaya, 2000). Maka diperlukan penambahan ruang *plafond* dan menambahkan *shading device* guna mengurangi radiasi sinar matahari pada jendela samping dan memaksimalkan penurunan suhu pada ruang tamu.

Menurut Rosenlund (2000), jenis material juga berpengaruh pada penurunan suhu. Material atap menggunakan genting tanah liat yang memiliki kapasitas penyimpanan kalor sebesar 0,31 Wh/KgK dan penyaluran kalor 0,43 W/mK. Material *plafond* (melekat pada usuk) menggunakan anyaman bambu yang memiliki kapasitas penyimpanan kalor sebesar 0,78 Wh/KgK dan penyaluran kalor 0,18 W/mK. Material dinding menggunakan batu bata memiliki kapasitas penyimpanan kalor sebesar 0,26 Wh/KgK dan penyaluran kalor 0,52 W/mK.

Sehingga pemakaian genting tanah liat pada atap, anyaman bambu pada *plafond*, dan batu bata pada dinding kurang berpengaruh dalam penurunan suhu. Maka diperlukan perubahan material pada ruang tamu guna memaksimalkan penurunan suhu.

d. Ruang keluarga

Suhu rata-rata ruang luar sebesar 27.15°C dan suhu rata-rata ruang keluarga sebesar 26.82°C . Penurunan suhu ruang luar dengan ruang keluarga sebesar 0.33°C . Ruang keluarga berada diantara ruang tidur dan ruang tamu. Ketinggian dinding pemisah ruang keluarga dengan ruang tidur tidak sampai atap. Sehingga suhu ruang keluarga dipengaruhi suhu ruang tidur. Kondisi ini disebabkan oleh tidak adanya *shading device* pada jendela yang berada di sisi samping ruang tidur. Sehingga perpindahan kalor ruang luar melewati jendela kaca (Lippsmeier, 1994). Atap yang tidak memiliki ruang *plafond* menyebabkan konveksi kalor atap tidak maksimal (Mangunwijaya, 2000). Maka diperlukan penambahan ruang *plafond* dan menambahkan *shading device* guna mengurangi radiasi sinar matahari pada jendela samping dan memaksimalkan penurunan suhu pada ruang keluarga.

Menurut Rosenlund (2000), jenis material juga berpengaruh pada penurunan suhu. Material atap menggunakan genting tanah liat yang memiliki kapasitas penyimpanan kalor sebesar $0,31 \text{ Wh/KgK}$ dan penyaluran kalor $0,43 \text{ W/mK}$. Material *plafond* (melekat pada usuk) menggunakan anyaman bambu yang memiliki kapasitas penyimpanan kalor sebesar $0,78 \text{ Wh/KgK}$ dan penyaluran kalor 0.18 W/mK . Material dinding menggunakan batu bata memiliki kapasitas penyimpanan kalor sebesar $0,26 \text{ Wh/KgK}$ dan penyaluran kalor $0,52 \text{ W/mK}$. Sehingga pemakaian genting tanah liat pada atap, anyaman bambu pada *plafond*, dan batu bata pada dinding kurang berpengaruh dalam penurunan suhu. Maka diperlukan perubahan material pada ruang keluarga guna memaksimalkan penurunan suhu.

4.3.2. OTTV Objek

1. OTTV

Tabel 4. 17. Nilai OTTV tiap dinding

Nama Bidang	WWR	α	Uw	TDek	SC	SF	Uf	A	OTTV
Dinding Depan	0.40	0.595	1.36	12	0.03	176	3.00	24.06	336.708
Dinding Belakang	0.08	0.595	1.36	12	0.50	113	3.00	26.26	384.280
Dinding Kiri	0.13	0.595	1.36	12	0.50	211	3.00	40.15	970.882
Dinding Kanan	0.13	0.595	1.36	12	0.50	112	3.00	40.15	711.007

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada dinding luar bangunan (OTTV) adalah nilai total OTTV tiap dinding luar dibagi luas total dinding luar. Nilai OTTV pada objek adalah 18.396 Watt/m². Hal ini di pengaruhi oleh warna material dinding, jenis material dinding, luas peneduh, *density* material, *conductivity* material, dan orientasi.

Tabel 4. 18. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV pada objek asli

Nama Bidang	Warna Dinding	Bahan dinding	Luas Bukaannya Terteduh	Density Dinding	Conductivity Dinding	Orientasi Dinding
	Putih Semi Kilap	Batu Bata		Batu Bata	Batu Bata	
Dinding Depan	0.3	0.89	9.1	150	0.52	176
Dinding Belakang	0.3	0.89	0	150	0.52	113
Dinding Kiri	0.3	0.89	0	150	0.52	211
Dinding Kanan	0.3	0.89	0	150	0.52	112

Berdasarkan kondisi tersebut, bangunan objek penelitian sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (standar SNI 03-6389-2000). Untuk meningkatkan upaya konservasi energi diperlukan dengan menurunkan nilai *absorbtansi* (warna dan jenis material dinding), nilai koefisien peneduh (luas bukaan yang terteduh), nilai *density* material, dan nilai *conductivity* material.

2. RTTV

Tabel 4. 19. Nilai RTTV pada objek asli

Nama Bidang	α	Ar	As	Ur	TDek	SC	SF	Us	A	RTTV
Atap	0.72	141.7	0	0.8	20	0	316	2.347	141.7	11.52

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada atap bangunan (RTTV) adalah nilai total RTTV tiap atap dibagi luas total atap. Nilai RTTV pada objek adalah 11.52 Watt/m². Hal ini di pengaruhi oleh warna material atap, jenis material atap, luas peneduh pada *skylight*, *density* material, dan *conductivity* material.

Tabel 4. 20. Faktor yang mempengaruhi nilai RTTV pada objek asli

Nama Bidang	Warna Atap	Bahan Atap	Density Atap	Conductivity Atap
	Coklat Tua	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat
Atap	0.88	0.56	150	0.52

Faktor tersebut dipengaruhi karena tidak ada *skylight* pada atap dan nilai radiasi matahari tidak dipengaruhi oleh orientasi atap. Sehingga bangunan objek penelitian sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (standar SNI 03-6389-2000). Untuk meningkatkan upaya penghematan enegri diperlukan dengan menurunkan nilai *absorbtansi* (warna dan jenis material atap), nilai *density* material, dan nilai *conductivity* material.

4.4. Rekomendasi Objek Penelitian

Hasil analisis hasil pengukuran suhu dan perhitungan OTTV menjadi dasar utama dalam memberikan rekomendasi untuk rumah tinggal di Desa Mojosari. Berikut adalah hasil analisis dan rekomendasi untuk rumah tinggal di Desa Mojosari.

1. Suhu netral dengan suhu hasil pengukuran

Suhu netral adalah suhu dimana manusia tidak merasa panas atau dingin. Besar suhu netral adalah 24,9°C dengan range suhu sebesar 5°C (2,5°C keatas dan kebawah). Suhu pada ruang sampel objek penelitian melewati batas atas suhu netral. Kondisi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya faktor selubung

bangunan. Sehingga, diperlukan perubahan pada selubung bangunan pada ruang sampel. Berikut penjelasan rekomendasi pada tiap ruang sampel.

a. Ruang luar

Tapak sekitar bangunan tidak melakukan perkerasan (plester, paving, dan lain-lain). Penataan vegetasi kecil sebagai batas tapak, vegetasi sedang berdekatan dengan bangunan. Kondisi ini dapat menurunkan suhu sebesar $2,72^{\circ}\text{C}$. Suhu ruang luar melewati batas atas suhu netral selama 9,5 jam. Rekomendasi hasil analisis adalah diperlukan penambahan Vegetasi di Lingkungan sekitar bangunan.

b. Teras

Teras tidak memiliki dinding masif, pemakaian material komposit untuk atap, tidak terdapat plafon, dan pemakaian material batu bata untuk dinding. Kondisi ini dapat menurunkan ruang luar sebesar $0,03^{\circ}\text{C}$. Suhu teras melewati batas atas suhu netral selama 9 jam. Rekomendasi hasil analisis adalah diperlukan penambahan dinding berongga dan *plafond*.

c. Ruang Tamu

Ruang tamu memiliki dinding masif dengan material batu bata yang memiliki ketebalan 30cm. Atap dari genteng tanah liat dan *plafond* melekat pada usuk. Bukaan di samping ruangan tidak memiliki tritisan. Kondisi ini dapat menurunkan suhu ruang luar sebesar $0,20^{\circ}\text{C}$. Suhu ruang tamu melewati batas atas suhu netral selama 7 jam. Rekomendasi hasil analisis adalah diperlukan penambahan lubang angin-angin, penambahan ruang *plafond*, dan menambahkan tritisan pada bukaan samping.

d. Ruang Keluarga

Ruang keluarga memiliki dinding masif dengan material batu bata yang memiliki ketebalan 30cm. Atap dari genteng tanah liat dan *plafond* melekat pada usuk. Ruang keluarga berada diantara ruang tidur dan ruang tamu. Ketinggian dinding pemisah ruang keluarga dengan ruang tidur tidak sampai

atap. Bukaannya yang berada di samping ruang tidur tidak memiliki tritisan. Kondisi ini dapat menurunkan suhu ruang luar sebesar 0.33°C . Suhu ruang keluarga melewati batas atas suhu netral selama 6 jam. Rekomendasi hasil analisis adalah diperlukan penambahan lubang angin-angin, penambahan ruang *plafond*, dan menambahkan tritisan pada bukaan di samping ruang tidur.

2. Nilai OTTV bangunan dengan SNI 03-6389-2000

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada selubung bangunan yang berhubungan langsung pada ruang luar adalah hasil dari penjumlahan nilai perpindahan kalor pada dinding (OTTV dinding) dan atap (RTTV). SNI, memberikan ketentuan untuk mencapai keberhasilan bangunan dalam konservasi energi dapat dilihat dari nilai OTTV yang tidak boleh lebih dari 45Watt/m^2 . Berikut adalah analisis dari nilai OTTV hasil perhitungan objek penelitian dan rekomendasinya.

a. OTTV(dinding)

Nilai OTTV pada objek adalah $27,162\text{ Watt/m}^2$. Sehingga bangunan objek penelitian sudah berhasil dalam konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m^2 . Rekomendasi untuk menurunkan nilai OTTV pada bangunan dapat dengan cara menurunkan nilai *absorbvitas* radiasi matahari (perubahan warna dan material), menurunkan koefisien peneduh pada bukaan kaca (menambahkan tritisan dan lubang angin-angin), menurunkan nilai *density* material (perubahan material kayu), dan menurunkan nilai *conductivity* material (perubahan material kayu).

b. RTTV(atap)

Nilai RTTV pada objek adalah $7,2\text{ Watt/m}^2$. Sehingga bangunan objek penelitian sudah berhasil dalam penggunaan energi yang efisien karena dibawah 45 Watt/m . Rekomendasi untuk menurunkan nilai RTTV pada bangunan dapat dengan cara menurunkan nilai *absorbvitas* radiasi matahari (perubahan warna dan material) dan menurunkan nilai *density* material (perubahan material kayu), dan menurunkan nilai *conductivity* material (perubahan material kayu).

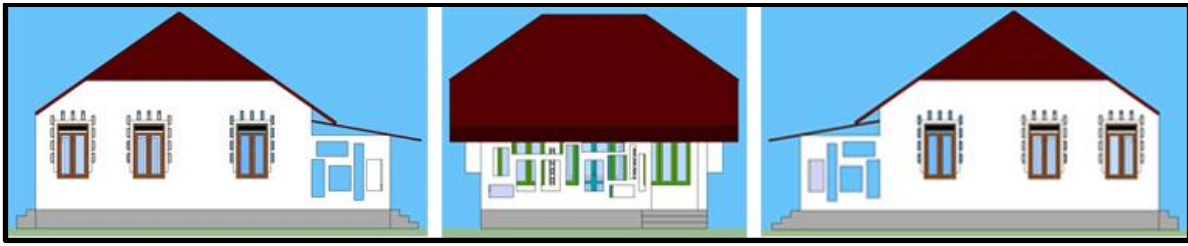
Berdasarkan rekomendasi dari masing-masing analisis diatas maka dihasilkan rekomendasi menyeluruh yang memenuhi tiap variabel penelitian. Rekomendasi menyeluruh berdasarkan masing-masing variabel sebagai berikut.

1. Penambahan dinding berpori pada dinding teras (dasar : suhu netral, tinjauan selubung bangunan, tinjauan material bangunan, dan OTTV)
2. Penambahan tritisan pada bukaan yang berhubungan langsung dengan ruang luar (dasar : suhu netral, tinjauan selubung bangunan, tinjauan material bangunan, dan OTTV)
3. Penambahan lubang angin-angin pada ruang yang berhubungan langsung dengan ruang luar (dasar : suhu netral, tinjauan selubung bangunan, tinjauan material bangunan, dan OTTV)
4. Penambahan ruang atap dan *plafond* pada ruang sampel(dasar : suhu netral, tinjauan selubung bangunan, dan tinjauan material bangunan)
5. Perubahan material atap dan dinding(dasar : suhu netral, tinjauan selubung bangunan, tinjauan material bangunan, dan OTTV)

Berdasarkan rekomendasi keseluruhan dari rekomendasi diatas maka perwujudan pada bangunan objek penelitian adalah sebagai berikut



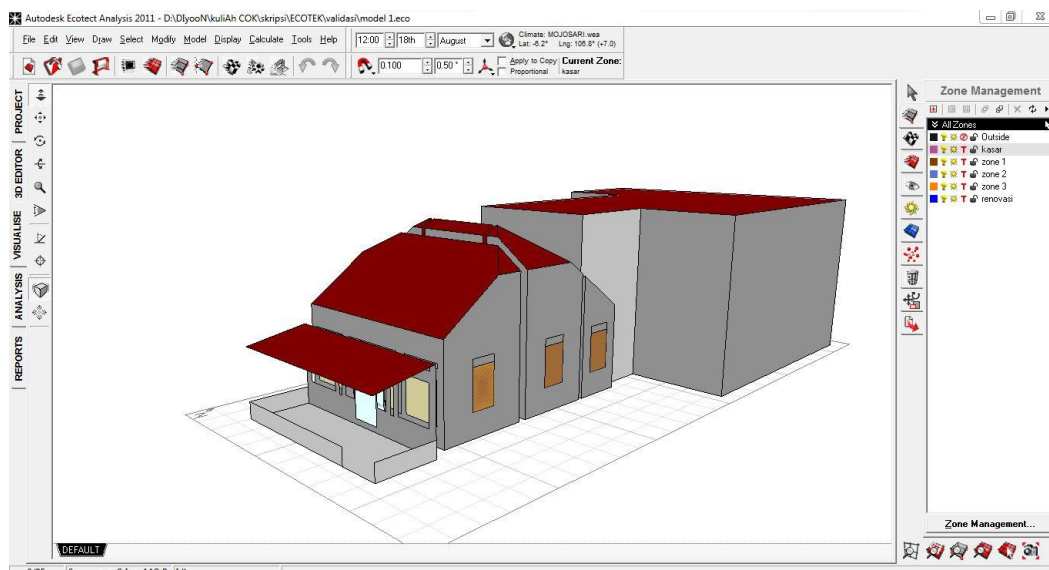
Gambar 4. 14. Perspektif hasil rekomendasi



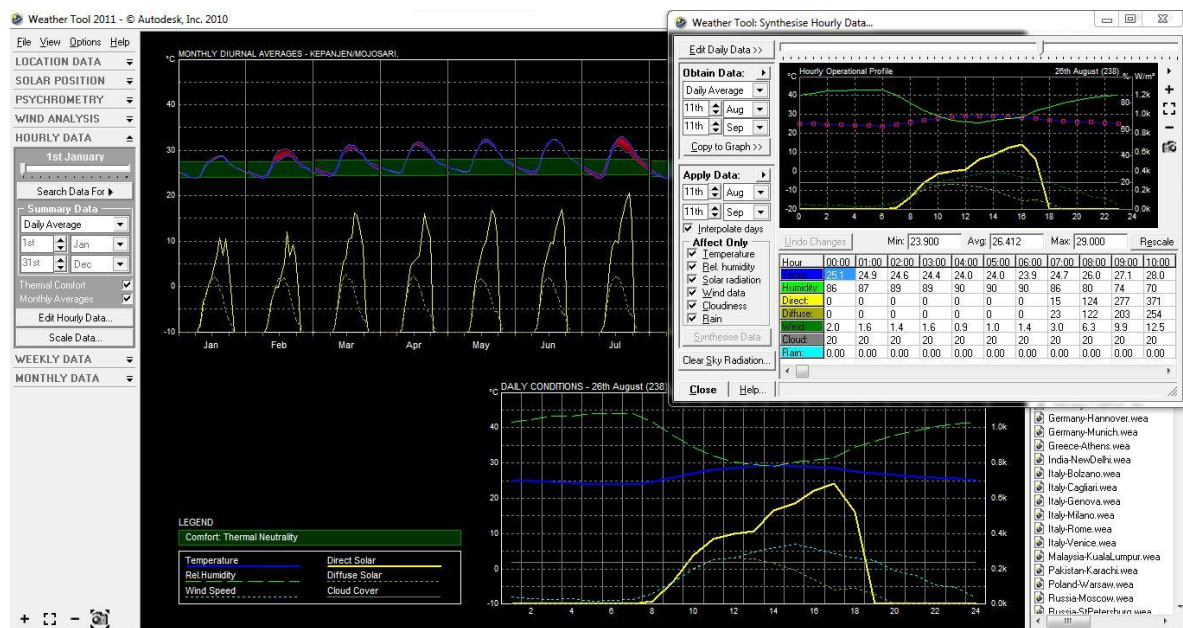
Gambar 4. 15. Tampak hasil rekomendasi

4.5. Simulasi Objek Penelitian

Simulasi dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi suhu pada suatu objek penelitian. Metode ini merupakan lanjutan dari pengujian lapangan. Adapun piranti lunak yang digunakan *Ecotect Analysis 2011*. Piranti lunak ini sudah digunakan secara komersil untuk membantu evaluasi ataupun perencanaan bangunan dan kawasan. Tahap awal adalah membuat zona bentukan eksisting bangunan termasuk bukaan, pintu dan jendela. Objek yang dibentuk merupakan objek penelitian. *Setting* zona, ukuran dan material sama kondisi sebenarnya. Tahap selanjutnya adalah melakukan memasukkan data iklim yang telah terukur dilapangan sebelumnya. Memasukkan data iklim ini diharapkan dapat meminimalisir perbedaan hasil pengukuran lapangan dengan pengukuran simulasi perangkat lunak. Pada proses ini, data dimasukkan pertanggal pengukuran dan tiap jam pada waktu penelitian. Setelah data kondisi ruang luar telah dimasukkan maka dapat dilakukan proses perhitungan suhu pada objek penelitian.



Gambar 4. 16. Perspektif model simulasi



Gambar 4. 17. Perubahan data cuaca tanggal 11 Agustus 2017 – 11 September 2017

4.5.1. Hasil Simulasi

Pengambilan sampel hari pada simulasi adalah 18 Agustus, 25 Agustus, 1 September, dan 8 September. Pengambilan hasil pada empat hari bertujuan agar tingkat kecocokannya lebih tinggi.

Tabel 4. 21. Suhu teras hasil simulasi

Jam	18 Agus	25 Agus	1 Sep	8 Sep	Rata-Rata
0	26.7	26.7	26.6	26.6	26.65
1	26.6	26.6	26.6	26.5	26.575
2	26.4	26.4	26.4	26.3	26.375
3	26.3	26.1	26.1	26.1	26.15
4	26	26	26	25.9	25.975
5	25.9	25.8	25.8	25.8	25.825
6	25.8	25.7	25.7	25.7	25.725
7	26.3	26.1	25.9	25.8	26.025
8	28.6	28.2	27.7	27.5	28
9	31	30.6	30.1	29.5	30.3
10	32.8	32.4	31.9	31.6	32.175
11	33.9	33.5	32.4	32.2	33
12	34.1	33.6	32.6	32.2	33.125
13	34.7	33.3	32.7	32.2	33.225
14	34	33.7	33.4	33.1	33.55

15	33.6	33.2	33.1	32.8	33.175
16	32.9	32.6	32.4	32.2	32.525
17	31.6	31.4	31.3	31.3	31.4
18	29.6	29.5	29.4	29.4	29.475
19	29	28.9	28.8	28.7	28.85
20	28.3	28.2	28.2	28.1	28.2
21	27.6	27.5	27.5	27.4	27.5
22	27.3	27.2	27.2	27.1	27.2
23	27	26.9	26.9	26.8	26.9

Tabel 4. 22, Suhu ruang tamu hasil simulasi

Jam	18 Agus	25 Agus	1 Sep	8 Sep	Rata-Rata
0	26.9	26.7	26.6	26.4	26.65
1	26.8	26.7	26.5	26.4	26.6
2	26.7	26.5	26.4	26.2	26.45
3	26.4	26.2	26.1	26	26.175
4	26.3	26.2	26	25.9	26.1
5	26.2	26	25.9	25.8	25.975
6	26.1	25.9	25.8	25.7	25.875
7	26.4	26.2	25.9	25.8	26.075
8	27.7	27.5	27.3	27.2	27.425
9	29.1	28.9	28.7	28.6	28.825
10	30.3	30.2	30	30	30.125
11	31.6	31.4	31.2	31.1	31.325
12	33.1	32.7	32.4	32.1	32.575
13	34.2	33.8	33.4	33	33.6
14	34.5	34.3	33.9	33.7	34.1
15	34	33.6	33.3	22.7	30.9
16	33.2	32.8	32.3	32.9	32.8
17	32.6	32.2	32.1	29.4	31.575
18	29.9	29.7	29.5	28.7	29.45
19	29.2	29	28.8	28.7	28.925
20	28.9	28.7	28.5	28.3	28.6
21	29.2	28	27.8	27.6	28.15
22	27.5	27.3	27.1	26.6	27.125
23	27.2	27	26.8	26.7	26.925

Tabel 4. 23. Suhu ruang keluarga hasil simulasi

Jam	18 agus	25 agus	1 Sep	8 Sep	Rata-Rata
0	28.3	28.1	28	27.9	28.075
1	28.1	28	27.8	27.7	27.9
2	27.9	27.8	27.6	27.5	27.7

3	27.7	27.5	27.4	27.3	27.475
4	27.6	27.4	27.2	27.1	27.325
5	27.4	27.2	27.1	27	27.175
6	27.3	27.2	27	26.9	27.1
7	27.3	27.1	26.9	26.8	27.025
8	27.5	27.3	27.1	27	27.225
9	28.1	27.8	27.6	27.4	27.725
10	29.7	29.4	29.1	29	29.3
11	31.1	30.7	30.4	30.2	30.6
12	31.8	31.4	31.1	30.8	31.275
13	32.5	32	31.4	31.1	31.75
14	33.3	32.9	32.5	32.1	32.7
15	33.3	32.8	32.5	32.2	32.7
16	32.8	32.5	32.2	31.8	32.325
17	31.9	31.6	31.3	30.9	31.425
18	31	30.8	30.6	30.5	30.725
19	30.7	30.4	30.3	30.2	30.4
20	30.2	30	30	29.9	30.025
21	29.4	29.4	29.2	29.1	29.275
22	28.9	28.7	28.5	28.4	28.625
23	28.6	28.4	28.2	28.2	28.35

4.5.2. Validasi Hasil Simulasi

Dalam membuktikan validitas penggunaan peranti *Ecotect Analysis 2011* terutama melalui prosedur simulasi maupun pengaturan kondisi pada iklim wilayah Desa Mojosari, maka dilakukan perhitungan perbandingan antara hasil pengukuran lapangan dengan simulasi. Perbandingan hasil pengukuran lapangan dengan hasil simulasi yaitu deviasi. Besar deviasi tidak boleh lebih dari 10% agar simulasi dapat digunakan dalam menentukan rekomendasi rumah tinggal di Desa Mojosari.

Tabel 4. 24. Validasi pada teras

Jam	Simulasi	Eksisiting	Selisih	Deviasi(%)
0	26.65	26.93	-0.0104	-1.03973
1	26.575	26.86	-0.01061	-1.06106
2	26.375	26.74	-0.01365	-1.365
3	26.15	26.59	-0.01655	-1.65476
4	25.975	26.49	-0.01944	-1.94413
5	25.825	26.35	-0.01992	-1.99241
6	25.725	26.17	-0.017	-1.70042
7	26.025	26.03	-0.00019	-0.01921

8	28	25.95	0.078998	7.899807
9	30.3	26.01	0.164937	16.49366
10	32.175	26.39	0.219212	21.92118
11	33	26.87	0.228135	22.81355
12	33.125	27.37	0.210267	21.02667
13	33.225	27.88	0.191714	19.17145
14	33.55	28.24	0.188031	18.80312
15	33.175	28.26	0.173921	17.39207
16	32.525	28.23	0.152143	15.21431
17	31.4	28.21	0.11308	11.30805
18	29.475	28.03	0.051552	5.155191
19	28.85	27.81	0.037397	3.739662
20	28.2	27.64	0.02026	2.026049
21	27.5	27.42	0.002918	0.291758
22	27.2	27.28	-0.00293	-0.29326
23	26.9	27.14	-0.00884	-0.8843
Rata-Rata	29.07917	27.12042	0.072224	7.222419

Tabel 4. 25. Validasi pada ruang tamu

Jam	Simulasi	Eksisting	Selisih	Deviasi(%)
0	26.65	26.81	-0.00597	-0.59679
1	26.6	26.72	-0.00449	-0.4491
2	26.45	26.59	-0.00527	-0.52651
3	26.175	26.46	-0.01077	-1.0771
4	26.1	26.33	-0.00874	-0.87353
5	25.975	26.19	-0.00821	-0.82092
6	25.875	26.02	-0.00557	-0.55726
7	26.075	25.88	0.007535	0.753478
8	27.425	25.82	0.062161	6.216112
9	28.825	25.89	0.113364	11.33642
10	30.125	26.29	0.145873	14.5873
11	31.325	26.71	0.172782	17.27817
12	32.575	27.14	0.200258	20.02579
13	33.6	27.62	0.21651	21.65098
14	34.1	28.01	0.217422	21.74223
15	30.9	28.09	0.100036	10.00356
16	32.8	28.09	0.167675	16.76753
17	31.575	28.03	0.126472	12.64716
18	29.45	27.85	0.057451	5.745063
19	28.925	27.63	0.046869	4.686934
20	28.6	27.46	0.041515	4.151493
21	28.15	27.27	0.03227	3.226989

22	27.125	27.11	0.000553	0.05533
23	26.925	26.98	-0.00204	-0.20385
Rata-Rata	28.84688	26.95792	0.070071	7.007063

Tabel 4. 26. Validasi pada ruang keluarga

Jam	Simulasi	Eksisting	Selisih	Deviasi(%)
0	28.075	26.71	0.051104	5.110446
1	27.9	26.61	0.048478	4.847802
2	27.7	26.49	0.045678	4.567761
3	27.475	26.37	0.041904	4.190368
4	27.325	26.24	0.041349	4.134909
5	27.175	26.09	0.041587	4.158681
6	27.1	25.93	0.045121	4.512148
7	27.025	25.8	0.047481	4.748062
8	27.225	25.74	0.057692	5.769231
9	27.725	25.8	0.074612	7.46124
10	29.3	26.2	0.118321	11.83206
11	30.6	26.57	0.151675	15.16748
12	31.275	26.97	0.159622	15.96218
13	31.75	27.43	0.157492	15.74918
14	32.7	27.8	0.176259	17.6259
15	32.7	27.86	0.173726	17.37258
16	32.325	27.88	0.159433	15.94333
17	31.425	27.83	0.129177	12.91771
18	30.725	27.65	0.111212	11.12116
19	30.4	27.44	0.107872	10.78717
20	30.025	27.29	0.10022	10.02199
21	29.275	27.14	0.078666	7.866618
22	28.625	26.99	0.060578	6.057799
23	28.35	26.86	0.055473	5.547282
Rata-Rata	29.34167	26.82042	0.094005	9.400488

Selisih suhu simulasi dengan pengukuran lapangan tiap ruang berguna untuk mengembalikan suhu hasil simulasi ke suhu pengukuran lapangan.. Tingkat validitas hasil simulasi pada teras, ruang tamu, dan ruang keluarga adalah 7,2%, 7%, dan 9,4%. Jadi simulasi dapat digunakan dalam menentukan rekomendasi dalam penelitian karena besar deviasi tidak lebih dari 10%.

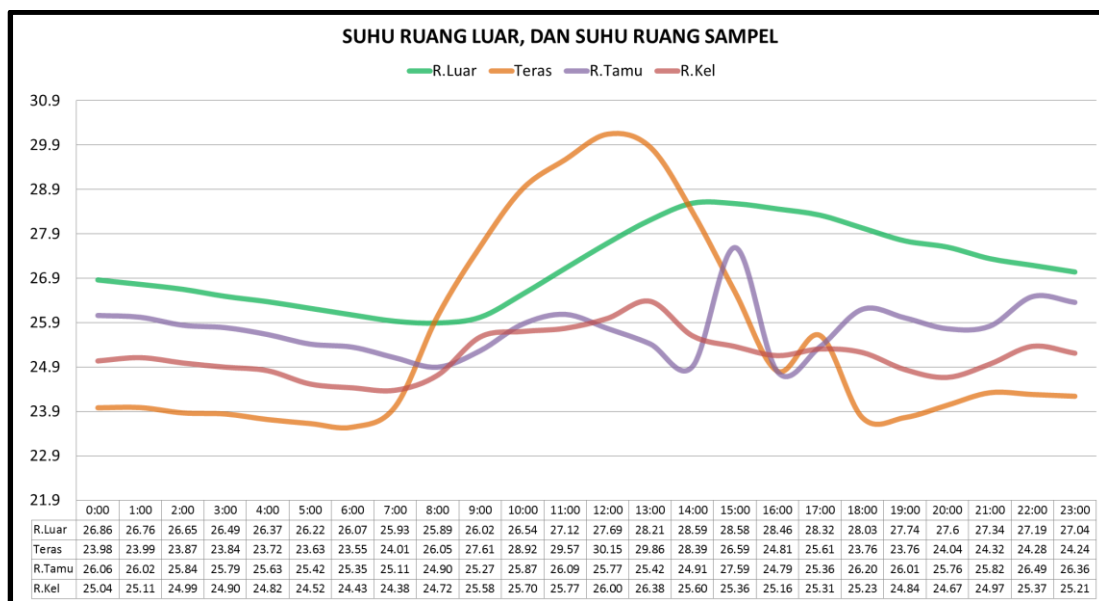
4.6. Simulasi Rekomendasi

Tahap ini bertujuan mengetahui pengaruh penerapan rekomendasi (kecuali material dinding dan atap) terhadap penurunan suhu tiap ruang. Pertama-tama memasukkan gambar perspektif (hasil olahan *softwear Google SketchUp 8 pro*). Lalu perubahan material atap dan dinding, pemilihan ruang yang akan diukur, dan hasil simulasi diproyeksikan kenyataan dengan menggunakan persentase deviasi.

Tabel 4. 27. Hasil simulasi rekomendasi

Jam	Teras			Ruang Tamu			Ruang Keluarga		
	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita
0	23.7	-0.28	23.98	25.9	-0.16	26.06	26.4	1.37	25.04
1	23.7	-0.28	23.99	25.9	-0.12	26.02	26.4	1.29	25.11
2	23.5	-0.37	23.87	25.7	-0.14	25.84	26.2	1.21	24.99
3	23.4	-0.44	23.84	25.5	-0.29	25.79	26	1.11	24.90
4	23.2	-0.51	23.72	25.4	-0.23	25.63	25.9	1.09	24.82
5	23.1	-0.53	23.63	25.2	-0.22	25.42	25.6	1.09	24.52
6	23.1	-0.45	23.55	25.2	-0.15	25.35	25.6	1.17	24.43
7	24	0.00	24.01	25.3	0.20	25.11	25.6	1.23	24.38
8	28.1	2.05	26.05	26.5	1.61	24.90	26.2	1.49	24.72
9	31.9	4.29	27.61	28.2	2.94	25.27	27.5	1.93	25.58
10	34.7	5.79	28.92	29.7	3.84	25.87	28.8	3.10	25.70
11	35.7	6.13	29.57	30.7	4.62	26.09	29.8	4.03	25.77
12	35.9	5.76	30.15	31.2	5.44	25.77	30.3	4.31	26.00
13	35.2	5.35	29.86	31.4	5.98	25.42	30.7	4.32	26.38
14	33.7	5.31	28.39	31	6.09	24.91	30.5	4.90	25.60
15	31.5	4.92	26.59	30.4	2.81	27.59	30.2	4.84	25.36
16	29.1	4.30	24.81	29.5	4.71	24.79	29.6	4.45	25.16
17	28.8	3.19	25.61	28.9	3.55	25.36	28.9	3.60	25.31
18	25.2	1.45	23.76	27.8	1.60	26.20	28.3	3.08	25.23
19	24.8	1.04	23.76	27.3	1.30	26.01	27.8	2.96	24.84
20	24.6	0.56	24.04	26.9	1.14	25.76	27.4	2.74	24.67
21	24.4	0.08	24.32	26.7	0.88	25.82	27.1	2.14	24.97
22	24.2	-0.08	24.28	26.5	0.02	26.49	27	1.64	25.37
23	24	-0.24	24.24	26.3	-0.05	26.36	26.7	1.49	25.21
	Rata-rata		25.52042	Rata-rata		25.74021	Rata-rata		25.16625

4.6.1. Hasil Simulasi



Gambar 4. 18. Grafik suhu hasil penerapan rekomendasi pada objek

Berdasarkan grafik diatas, dihasilkan perubahan suhu pada ruang sampel terhadap suhu ruang luar sebagai berikut.

1. Teras

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.19°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.63°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada teras sebesar 29.86°C pada jam 13:00. Suhu minimum pada teras sebesar 23.55°C pada jam 06:00. Penurunan maksimum sebesar 3.98°C pada jam 19:00 dari ruang luar. Suhu teras mengalami kenaikan suhu pada jam 08:00 - 13:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 2.46°C dari ruang luar pada jam 12:00. Kerena itu diperlukan perubahan material pada selubung bangunan guna lebih memaksimalkan penurunan suhu.

Penurunan suhu rata-rata pada teras rekomendasi sebesar 1.6°C dari teras asli. Penurunan maksimum sebesar 3.43°C dari teras asli pada jam 16:00. Suhu teras rekomendasi mengalami kenaikan suhu pada jam 09:00-14:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 2.78°C dari teras asli pada jam 12:00. Kerena itu diperlukan perubahan material pada selubung bangunan guna lebih memaksimalkan penurunan suhu.

2. Ruang Tamu

Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.74°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.41°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang tamu sebesar 27.59°C pada jam 15:00. Suhu minimum pada ruang tamu sebesar 24.9°C pada jam 08:00. Penurunan maksimum sebesar 3.68°C dari ruang luar pada jam 14:00. Penurunan minimum sebesar 0.68°C dari ruang luar pada jam 10:00 dan 23:00. Karena itu diperlukan perubahan material pada selubung bangunan guna lebih memaksimalkan penurunan suhu.

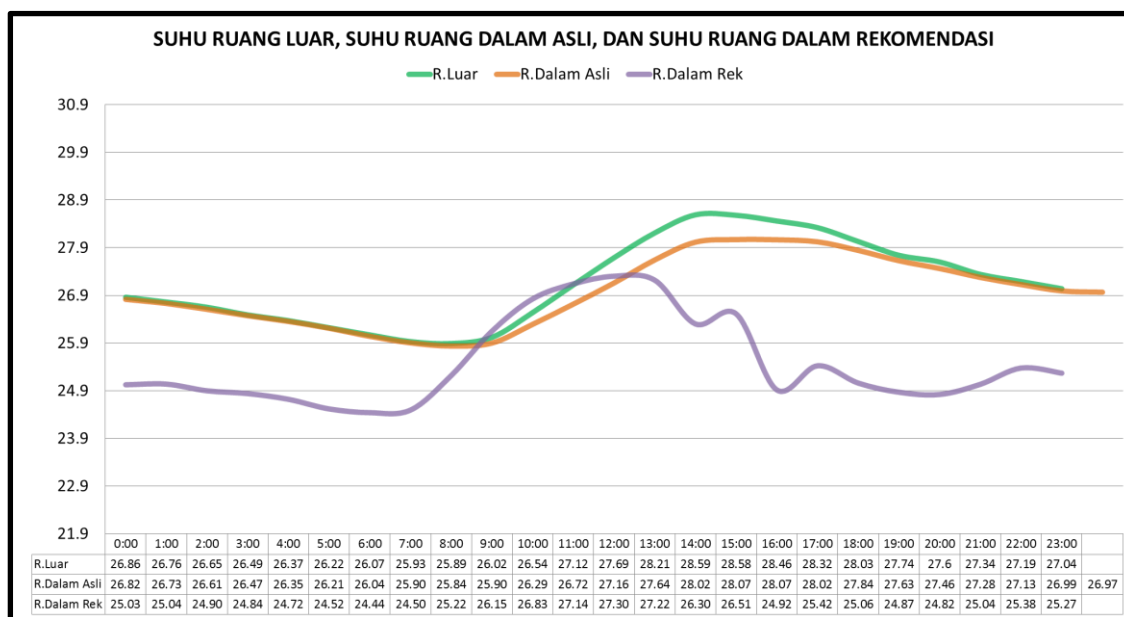
Penurunan suhu rata-rata pada ruang tamu rekomendasi sebesar 1.22°C dari ruang tamu asli. Penurunan maksimum sebesar 3.1°C dari ruang tamu asli pada jam 14:00. Penurunan minimum sebesar 0.63°C dari ruang tamu asli pada jam 09:00 dan 22:00 - 23:00. Karena itu diperlukan perubahan material pada selubung bangunan guna lebih memaksimalkan penurunan suhu.

3. Ruang Keluarga

Suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 25.17°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.99°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang keluarga sebesar 26.38°C pada jam 13:00. Suhu minimum pada ruang keluarga sebesar 24.38°C pada jam 07:00. Penurunan maksimum sebesar 3.31°C dari ruang luar pada jam 16:00. Penurunan minimum sebesar 0.45°C dari ruang luar pada jam 09:00. Karena itu diperlukan perubahan material pada selubung bangunan guna lebih memaksimalkan penurunan suhu.

Penurunan suhu rata-rata pada ruang keluarga rekomendasi sebesar 1.65°C dari ruang keluarga asli. Penurunan maksimum sebesar 2.73°C dari ruang keluarga asli pada jam 16:00. Penurunan minimum sebesar 0.23°C dari ruang keluarga asli pada jam 09:00. Karena itu diperlukan perubahan material pada selubung bangunan guna lebih memaksimalkan penurunan suhu.

4.6.2. Perbandingan Suhu Asli



Gambar 4. 19. Grafik suhu hasil penerapan rekomendasi pada objek

Suhu rata-rata pada ruang dalam rekomendasi sebesar 25.48°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.68°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang dalam rekomendasi sebesar 27.3°C pada jam 12:00. Suhu minimum pada ruang dalam rekomendasi sebesar 24.44°C pada jam 06:00. Penurunan maksimum sebesar 3.54°C dari ruang luar pada jam 16:00. Suhu ruang dalam rekomendasi mengalami kenaikan suhu pada jam 09:00 - 11:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 0.29°C dari ruang luar pada jam 10:00. Karena itu diperlukan perubahan material pada selubung bangunan guna lebih memaksimalkan penurunan suhu.

Penurunan suhu rata-rata pada ruang dalam rekomendasi sebesar 1.49°C dari ruang dalam asli. Penurunan maksimum sebesar 3.15°C dari ruang dalam asli pada jam 16:00. Suhu ruang dalam rekomendasi mengalami kenaikan suhu pada jam 09:00 - 12:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 0.53°C dari ruang luar pada jam 10:00. Karena itu diperlukan perubahan material pada selubung bangunan guna lebih memaksimalkan penurunan suhu.

4.6.3. Perhitungan OTTV dan RTTV

1. OTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan OTTV, beberapa variabel dalam rumus OTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas dinding dan bukaan pada orientasi tertentu, nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi tertentu (WWR), nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_f).

a. Luas bidang dinding, bukaan, dan total

Tabel 4. 28. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek rekomendasi

Nama Bidang	Luas Bidang	Luas Bukaan	Luas Total
Dinding Depan	8.17	9.1	17.27
Dinding Belakang	24.16	2.1	26.26
Dinding Kiri	34.49	8.79	43.28
Dinding Kanan	34.49	8.79	43.28

b. Nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding (WWR)

Tabel 4. 29. Nilai WWR pada objek rekomendasi

Nama Bidang	Luas Bukaan	Luas Total	Nilai WWR
Dinding Depan	9.1	17.27	0.53
Dinding Belakang	2.1	26.26	0.08
Dinding Kiri	8.79	43.28	0.20
Dinding Kanan	8.79	43.28	0.20

c. Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 30. Nilai radiasi matahari pada objek rekomendasi

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Dinding Depan	0.89	0.3	0.595
Dinding Belakang	0.89	0.3	0.595
Dinding Kiri	0.89	0.3	0.595
Dinding Kanan	0.89	0.3	0.595

d. Nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w)Tabel 4. 31. Nilai U_w pada objek rekomendasi

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	Uw
Dinding Depan	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Belakang	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Kiri	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Kanan	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36

e. Nilai beda temperatur ekuivalen (T_{dek})Tabel 4. 32. Nilai T_{dek} dinding pada objek rekomendasi

Nama Bidang	Density	Tdek
Dinding Depan	150	12
Dinding Belakang	150	12
Dinding Kiri	150	12
Dinding Kanan	150	12

f. Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Tabel 4. 33. Nilai SC pada objek rekomendasi

Nama Bidang	SCK	Ltakterteduhi	Lbukaan	SCef	SC
Dinding Depan	0.5	0	9.1	0.00	0.00
Dinding Belakang	0.5	2.1	2.1	1.00	0.50
Dinding Kiri	0.5	0	8.79	0.00	0.00
Dinding Kanan	0.5	0	8.79	0.00	0.00

g. Nilai radiasi matahari dari arah hadap(SF)

Tabel 4. 34. Nilai SF pada objek rekomendasi

Nama Bidang	Arah Hadap	SF
Dinding Depan	Barat Daya	176
Dinding Belakang	Timur Laut	113
Dinding Kiri	Barat Laut	211
Dinding Kanan	Tenggara	112

h. Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Uf)

Tabel 4. 35. Nilai Uf pada objek rekomendasi

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	Uf
Dinding Depan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Belakang	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kiri	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kanan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00

i. Nilai OTTV

Tabel 4. 36. Perhitungan nilai OTTV objek rekomendasi

Nama Bidang	WWR	α	Uw	TDek	SC	SF	Uf	A	OTTV
Dinding Depan	0.53	0.595	1.36	12	0.00	176	3.00	17.27	215.854
Dinding Belakang	0.08	0.595	1.36	12	0.50	113	3.00	26.26	384.280
Dinding Kiri	0.20	0.595	1.36	12	0.00	211	3.00	43.28	466.210
Dinding Kanan	0.20	0.595	1.36	12	0.00	112	3.00	43.28	466.210
TOTAL								130.09	1532.554
NILAI OTTV(Overall Thermal Transfer Value)									11.781

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada dinding luar bangunan (OTTV) adalah nilai total OTTV tiap dinding luar dibagi luas total dinding luar. Nilai OTTV pada objek rekomendasi adalah 11.781 Watt/m². Sehingga bangunan objek rekomendasi sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (SNI 03-6389-2000).

2. RTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan RTTV, beberapa variabel dalam rumus RTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas bidang atap tak tembus cahaya dan tembus cahaya, nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s).

- a. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Tabel 4. 37. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Nama Bidang	Luas Tak Tembus Cahaya	Luas Tembus Cahaya	Luas Total
Atap	141.7	0	141.7

- b. Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 38. Nilai *absorbtansi* radiasi matahari pada objek rekomendasi

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Atap	0.56	0.88	0.72

- c. Nilai transmitansi termal atap tak tembus cahaya(U_r)

Tabel 4. 39. Nilai U_r pada objek rekomendasi

Nama Bidang	Density	U_r
Atap	150	0.8

- d. Nilai beda temperatur ekuivalen (TDek)

Tabel 4. 40. Nilai TDek atap pada objek rekomendasi

Nama Bidang	Density	Tdek
Atap	150	20

- e. Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Atap pada objek tidak terdapat *skylight* sehingga nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* adalah 0.

f. Nilai radiasi matahari (SF)

Nilai radiasi matahari pada atap sesuai ketentuan yaitu 316 Watt/m²

g. Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Us)

Tabel 4. 41. Nilai Us pada objek rekomendasi

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	Us
Atap	0.04	0.29	0.05	1.15	0.043	0.373	2.678

h. Nilai RTTV

Tabel 4. 42. Perhitungan nilai RTTV objek rekomendasi

Nama Bidang	α	Ar	As	Ur	TDek	SC	SF	Us	A	RTTV
Atap	0.72	141.7	0	0.8	20	0	316	2.678	141.7	11.52
NILAI RTTV(Roof Thermal Transfer Value)										11.52

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada atap bangunan (RTTV) adalah nilai total RTTV tiap atap dibagi luas total atap. Nilai RTTV pada objek rekomendasi adalah 11.52 Watt/m². Sehingga bangunan objek rekomendasi sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (standar SNI 03-6389-2000).

4.6.4.Perbandingan OTTV dan RTTV

Tabel 4. 43. Perbandingan nilai OTTV dan RTTV asli dengan rekomendasi

Nama	Rumah tinggal asli	Rumah tinggal rekomendasi
Nilai OTTV	18.396	11.781
Nilai RTTV	11.520	11.520
Total	14.818	11.645

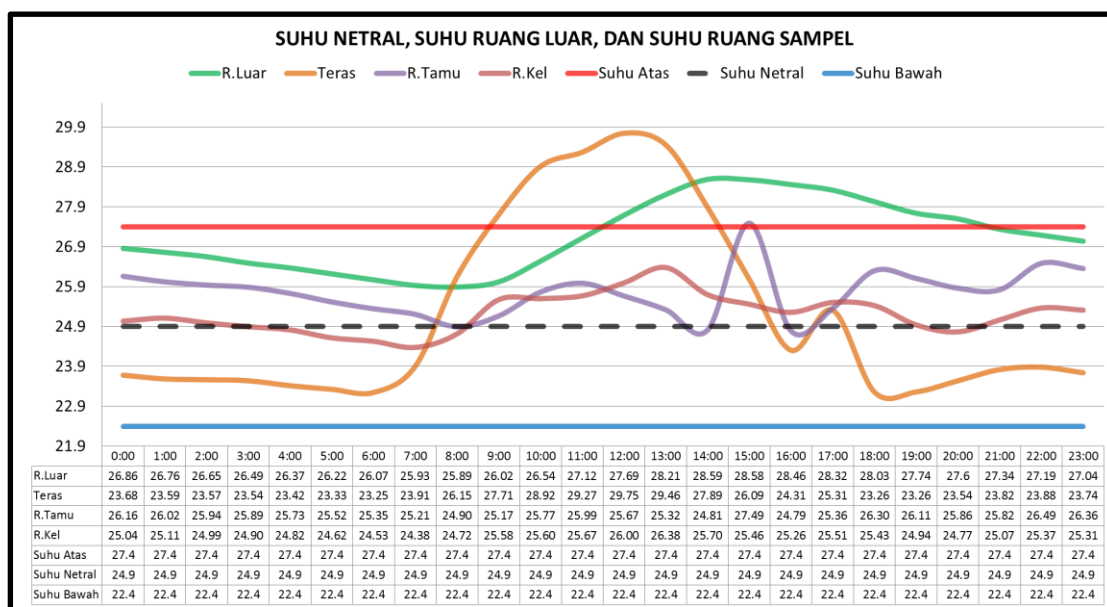
Berdasarkan hasil perhitungan, nilai OTTV total rumah tinggal rekomendasi mengalami penurunan sebesar 3.17 Watt/m². Penurunan tersebut dipengaruhi oleh luas bukaan kaca, luas bidang dinding, dan luas bukaan yang terteduhi. Berikut faktor yang mempengaruhi penurunan nilai OTTV pada objek rekomendasi.

Tabel 4. 44. Perbedaan faktor yang mempengaruhi nilai OTTV

Nama Bidang	Asli				Rekomendasi			
	Luas Bidang	Luas Bukaannya	Luas Total	Luas Bukaannya Terteduhi	Luas Bidang	Luas Bukaannya	Luas Total	Luas Bukaannya Terteduhi
Dinding Depan	14.37	9.69	24.06	9.1	8.17	9.1	17.27	9.1
Dinding Belakang	24.16	2.1	26.26	0	24.16	2.1	26.26	0
Dinding Kiri	34.9	5.25	40.15	0	34.49	8.79	43.28	8.79
Dinding Kanan	34.9	5.25	40.15	0	34.49	8.79	43.28	8.79

Meskipun telah terjadi penurunan nilai OTTV masih diperlukan upaya konservasi energi dengan penurunan yang optimal. Sebab itulah diperlukan perubahan material selubung bangunan guna memaksimalkan upaya konservasi energi.

4.6.5. Analisis Hasil



Gambar 4. 20. Grafik suhu netral dengan suhu ruang dalam(rekomendasi)

Suhu teras rekomendasi melewati batas nyaman atas pada jam 08:30 - 14:30. Suhu teras berada pada zona nyaman atas pada jam 07:30 - 08:30, 14:30 - 15:30, dan 16:30 - 17:30. Suhu teras juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 00:00 - 07:30, 15:30 - 16:30, dan 17:30 - 23:00. Jadi, suhu teras rekomendasi melewati zona nyaman atas

selama 6 jam, berada pada zona nyaman atas selama 3 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 14 jam.

Suhu ruang tamu rekomendasi tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang tamu berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 13:30, 14:30 - 15:30, dan 16:30 - 23:00. Suhu ruang tamu juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 13:30 - 14:30 dan 15:30 - 16:30. Jadi, suhu ruang tamu tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 11 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 3 jam.

Suhu ruang keluarga rekomendasi tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang keluarga berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 03:30, 08:30 - 19:00, dan 20:30 - 23:00. Suhu ruang keluarga juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 03:30 - 08:30 dan 19:00 - 20:30. Jadi, suhu ruang keluarga tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 18.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 5.5 jam.

Berdasarkan penjabaran tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu rumah tinggal rekomendasi melewati batas atas zona nyaman selama 2 jam, berada pada zona nyaman atas selama 10.8 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 11.2 jam. Dapat disimpulkan penambahan dinding, lubang angin-angin, dan tritisan telah berhasil dalam memaksimalkan suhu ruang berada pada zona nyaman akan tetapi masih berada pada zona tidak nyaman. Kondisi ini disebabkan belum menerapkan rekomendasi tentang material selubung bangunan.

4.7. Simulasi Material Bambu

Material bambu menurut Setiowati, E dan Fikriani, A(2009) dapat menurunkan suhu ruang sebesar 2.4°C pada bambu vertikal dan 2.7°C pada anyaman bambu. Hal ini yang mendasari untuk melakukan percobaan dengan menggunakan material bambu. Sehingga pada rekomendasi selubung bangunan tentang perubahan material pada dinding dan atap menggunakan material bambu. Dalam penelitian ini menggunakan material bambu yang di kombinasikan dengan bata/material asli dan secara keseluruhan menggunakan material bambu sebagai material selubung bangunan.

Tahap ini bertujuan mengetahui pengaruh penerapan material bambu terhadap penurunan suhu tiap ruang. Pertama-tama memasukkan gambar perspektif (hasil olahan *softwear Google SketchUp 8 pro*). Lalu perubahan material atap dan dinding, pemilihan ruang yang akan di ukur, dan hasil simulasi diproyeksikan kenyataan dengan menggunakan persentase deviasi. Jadi, hasil simulasi alternatif penggunaan material bambu adalah sebagai berikut.

1. Material bambu untuk atap saja

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.21°C, Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.41°C, dan suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 24.87°C.

Tabel 4. 45. Hasil pengukuran simulasi bambu 1

Jam	Teras			Ruang Tamu			Ruang Keluarga		
	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita
0	23.5	-0.28	23.78	25.5	-0.16	25.66	26	1.37	24.64
1	23.4	-0.28	23.69	25.5	-0.12	25.62	26	1.29	24.71
2	23.3	-0.37	23.67	25.3	-0.14	25.44	25.8	1.21	24.59
3	23.1	-0.44	23.54	25.1	-0.29	25.39	25.6	1.11	24.50
4	23	-0.51	23.52	25	-0.23	25.23	25.5	1.09	24.42
5	22.9	-0.53	23.43	24.7	-0.22	24.92	25.2	1.09	24.12
6	22.8	-0.45	23.25	24.7	-0.15	24.85	25.2	1.17	24.03
7	23.9	0.00	23.91	24.9	0.20	24.71	25.2	1.23	23.98
8	28.1	2.05	26.05	26.2	1.61	24.60	25.9	1.49	24.42
9	31.8	4.29	27.51	28.1	2.94	25.17	27.3	1.93	25.38
10	34.5	5.79	28.72	29.7	3.84	25.87	28.7	3.10	25.60
11	35.2	6.13	29.07	30.6	4.62	25.99	29.7	4.03	25.67
12	35.4	5.76	29.65	31	5.44	25.57	30.2	4.31	25.90
13	34.7	5.35	29.36	31.1	5.98	25.12	30.5	4.32	26.18
14	33.1	5.31	27.79	30.7	6.09	24.61	30.2	4.90	25.30
15	31	4.92	26.09	30	2.81	27.19	29.9	4.84	25.06
16	28.7	4.30	24.41	29.2	4.71	24.49	29.3	4.45	24.86
17	28.6	3.19	25.41	28.7	3.55	25.16	28.7	3.60	25.11
18	24.8	1.45	23.36	27.4	1.60	25.80	28	3.08	24.93
19	24.5	1.04	23.46	26.9	1.30	25.61	27.5	2.96	24.54
20	24.2	0.56	23.64	26.6	1.14	25.46	27.1	2.74	24.37
21	24	0.08	23.92	26.3	0.88	25.42	26.8	2.14	24.67
22	23.9	-0.08	23.98	26.1	0.02	26.09	26.7	1.64	25.07
23	23.6	-0.24	23.84	25.9	-0.05	25.96	26.4	1.49	24.91
	Rata-rata		25.21	Rata-rata		25.41	Rata-rata		24.87

2. Material bambu untuk dinding saja

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.59°C, Suhu rata-rat pada ruang tamu sebesar 25.87°C, dan suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 25.33°C.

Tabel 4. 46. Hasil pengukuran simulasi bambu 2

Jam	Teras			Ruang Tamu			Ruang Keluarga		
	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita
0	24	-0.28	24.28	26.4	-0.16	26.56	26.9	1.37	25.54
1	23.9	-0.28	24.19	26.3	-0.12	26.42	26.9	1.29	25.61
2	23.8	-0.37	24.17	26.2	-0.14	26.34	26.7	1.21	25.49
3	23.6	-0.44	24.04	26	-0.29	26.29	26.5	1.11	25.40
4	23.5	-0.51	24.02	25.9	-0.23	26.13	26.4	1.09	25.32
5	23.4	-0.53	23.93	25.8	-0.22	26.02	26.3	1.09	25.22
6	23.4	-0.45	23.85	25.7	-0.15	25.85	26.2	1.17	25.03
7	24.3	0.00	24.31	25.9	0.20	25.71	26.2	1.23	24.98
8	28.2	2.05	26.15	26.7	1.61	25.10	26.4	1.49	24.92
9	31.7	4.29	27.41	27.9	2.94	24.97	27.1	1.93	25.18
10	34.2	5.79	28.42	28.8	3.84	24.97	27.8	3.10	24.70
11	35	6.13	28.87	29.5	4.62	24.89	28.6	4.03	24.57
12	35.4	5.76	29.65	30.2	5.44	24.77	29.3	4.31	25.00
13	34.9	5.35	29.56	30.7	5.98	24.72	30	4.32	25.68
14	33.5	5.31	28.19	30.7	6.09	24.61	30.3	4.90	25.40
15	31.5	4.92	26.59	30.3	2.81	27.49	30.1	4.84	25.26
16	29.3	4.30	25.01	29.7	4.71	24.99	29.8	4.45	25.36
17	29	3.19	25.81	29.3	3.55	25.76	29.3	3.60	25.71
18	25.5	1.45	24.06	28.3	1.60	26.70	28.9	3.08	25.83
19	25.1	1.04	24.06	27.8	1.30	26.51	28.4	2.96	25.44
20	24.8	0.56	24.24	27.4	1.14	26.26	28	2.74	25.27
21	24.6	0.08	24.52	27.1	0.88	26.22	27.7	2.14	25.57
22	24.4	-0.08	24.48	26.9	0.02	26.89	27.4	1.64	25.77
23	24.2	-0.24	24.44	26.6	-0.05	26.66	27.2	1.49	25.71
	Rata-rata		25.59	Rata-rata		25.87	Rata-rata		25.33

3. Atap dan dinding menggunakan material bambu.

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.28°C, Suhu rata-rat pada ruang tamu sebesar 25.51°C, dan suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 24.99°C.

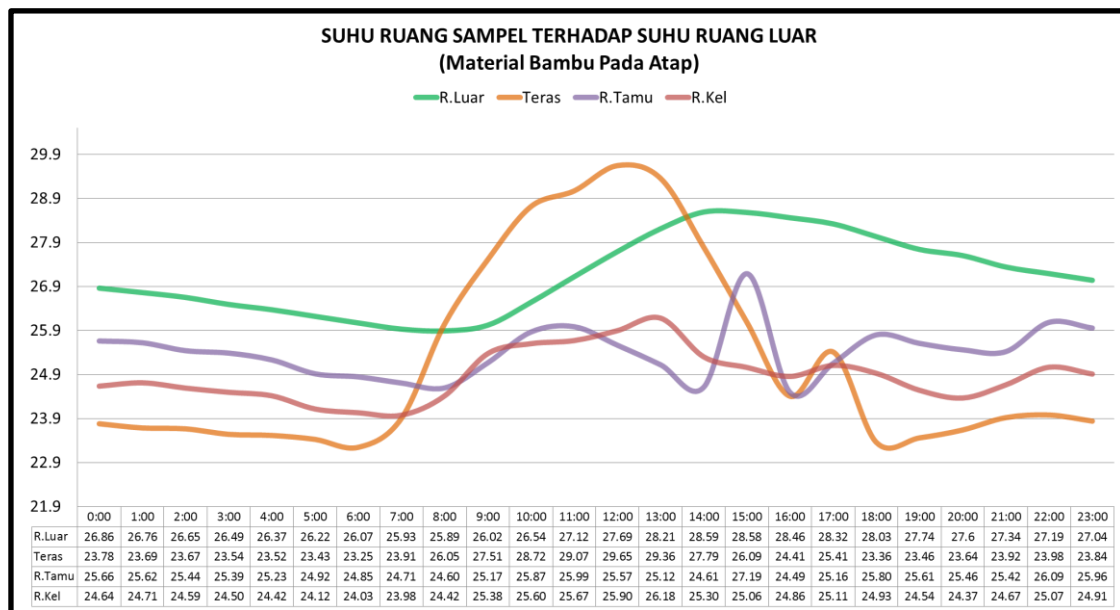
Tabel 4. 47. Hasil pengukuran simulasi bambu 3

Jam	Teras			Ruang Tamu			Ruang Keluarga		
	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita
0	23.7	-0.28	23.98	26	-0.16	26.16	26.5	1.37	25.14
1	23.7	-0.28	23.99	25.9	-0.12	26.02	26.5	1.29	25.21
2	23.5	-0.37	23.87	25.8	-0.14	25.94	26.3	1.21	25.09
3	23.4	-0.44	23.84	25.5	-0.29	25.79	26.1	1.11	25.00
4	23.3	-0.51	23.82	25.5	-0.23	25.73	26	1.09	24.92
5	23.2	-0.53	23.73	25.3	-0.22	25.52	25.8	1.09	24.72
6	23.1	-0.45	23.55	25.2	-0.15	25.35	25.8	1.17	24.63
7	24.2	0.00	24.21	25.4	0.20	25.21	25.7	1.23	24.48
8	28.2	2.05	26.15	26.4	1.61	24.80	26.1	1.49	24.62
9	31.6	4.29	27.31	27.7	2.94	24.77	26.9	1.93	24.98
10	33.9	5.79	28.12	28.7	3.84	24.87	27.7	3.10	24.60
11	34.5	6.13	28.37	29.4	4.62	24.79	28.5	4.03	24.47
12	34.8	5.76	29.05	30	5.44	24.57	29.1	4.31	24.80
13	34.3	5.35	28.96	30.4	5.98	24.42	29.7	4.32	25.38
14	33	5.31	27.69	30.3	6.09	24.21	29.9	4.90	25.00
15	31	4.92	26.09	29.9	2.81	27.09	29.8	4.84	24.96
16	28.8	4.30	24.51	29.3	4.71	24.59	29.5	4.45	25.06
17	28.8	3.19	25.61	29	3.55	25.46	29.1	3.60	25.51
18	25.1	1.45	23.66	27.9	1.60	26.30	28.5	3.08	25.43
19	24.8	1.04	23.76	27.4	1.30	26.11	28	2.96	25.04
20	24.5	0.56	23.94	27	1.14	25.86	27.6	2.74	24.87
21	24.3	0.08	24.22	26.8	0.88	25.92	27.3	2.14	25.17
22	24.1	-0.08	24.18	26.5	0.02	26.49	27.1	1.64	25.47
23	23.9	-0.24	24.14	26.3	-0.05	26.36	26.8	1.49	25.31
	Rata-rata		25.28	Rata-rata		25.51	Rata-rata		24.99

4.7.1. Hasil Simulasi

Berdasarkan data diatas, dihasilkan perubahan suhu pada ruang sampel terhadap suhu ruang luar sebagai berikut.

1. Alternatif 1 (Atap Bambu dan Dinding Bata)



Gambar 4. 21. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar(bambu atap)

a. Teras

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.21°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.95°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada teras sebesar 29.65°C pada jam 12:00. Suhu minimum pada teras sebesar 23.25°C pada jam 06:00. Penurunan maksimum sebesar 4.68°C pada jam 18:00 dari ruang luar. Suhu teras mengalami kenaikan suhu pada jam 08:00-13:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 2.18°C dari ruang luar pada jam 10:00. Penggunaan material bambu pada atap sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

b. Ruang Tamu

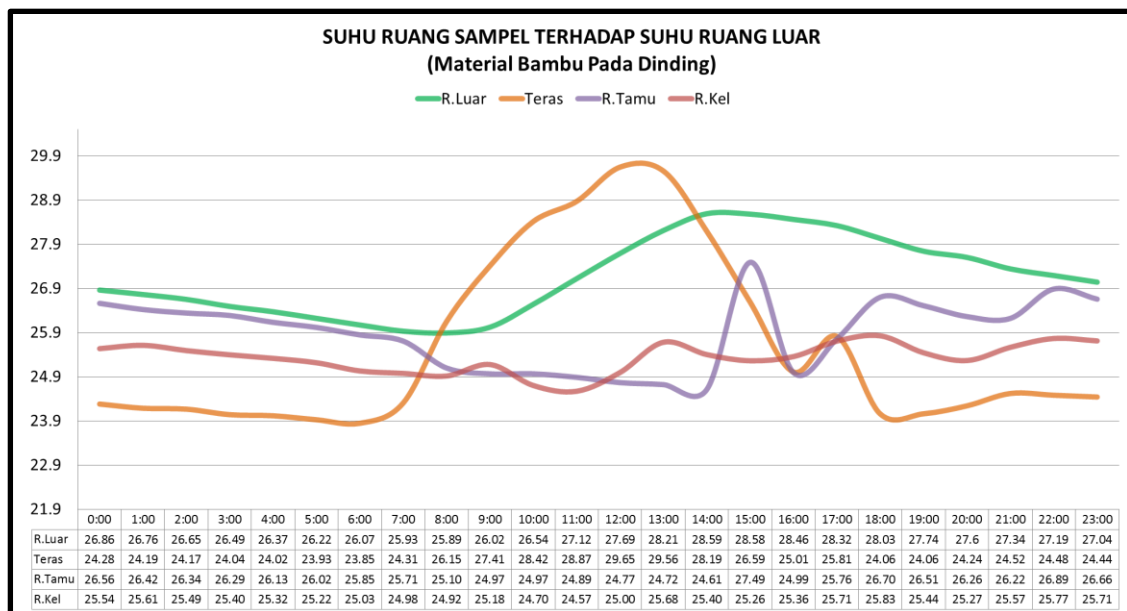
Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.41°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.74°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang tamu sebesar 27.19°C pada jam 15:00. Suhu minimum pada ruang tamu sebesar 24.6°C pada jam

08:00. Suhu teras bambu 1 tidak mengalami penurunan dan kenaikan dari teras rekomendasi pada jam 08:00. Penurunan maksimum sebesar 3.98°C dari ruang luar pada jam 14:00. Penurunan minimum sebesar 0.68°C dari ruang luar pada jam 10:00. Penggunaan material bambu pada atap sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

c. Ruang Keluarga

Suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 24.87°C . Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 2.28°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang keluarga sebesar 26.18°C pada jam 13:00. Suhu minimum pada ruang keluarga sebesar 24.03°C pada jam 06:00. Penurunan maksimum sebesar 3.61°C dari ruang luar pada jam 16:00. Penurunan minimum sebesar 0.65°C dari ruang luar pada jam 09:00. Penggunaan material bambu pada atap sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

2. Alternatif 2 (Atap Genting Tanah Liat dan Dinding Bambu)



Gambar 4. 22. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar(bambu dinding)

a. Teras

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.59°C . Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.56°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada teras sebesar 29.65°C pada jam 12:00. Suhu minimum pada teras sebesar 23.85°C pada jam 06:00. Penurunan maksimum sebesar 3.98°C pada jam 18:00 dari ruang luar. Suhu teras mengalami kenaikan suhu pada jam 08:00-13:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 1.96°C dari ruang luar pada jam 12:00. Penggunaan material bambu pada dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

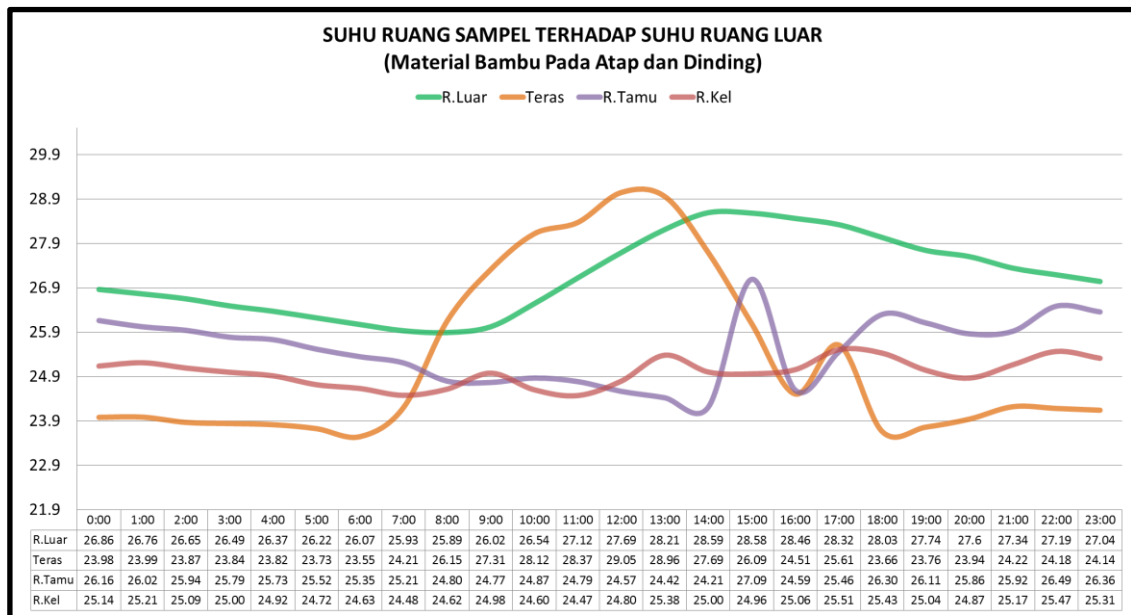
b. Ruang Tamu

Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.87°C . Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.28°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang tamu sebesar 26.7°C pada jam 18:00. Suhu minimum pada ruang tamu sebesar 24.61°C pada jam 14:00. Penurunan maksimum sebesar 3.98°C dari ruang luar pada jam 14:00. Penurunan minimum sebesar 0.2°C dari ruang luar pada jam 05:00. Penggunaan material bambu pada dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

c. Ruang Keluarga

Suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 25.33°C . Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.83°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang keluarga sebesar 25.83°C pada jam 18:00. Suhu minimum pada ruang keluarga sebesar 24.57°C pada jam 11:00. Penurunan maksimum sebesar 3.19°C dari ruang luar pada jam 14:00. Penurunan minimum sebesar 0.96°C dari ruang luar pada jam 07:00. Penggunaan material bambu pada dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

3. Alternatif 3 (Atap Bambu dan dinding Bambu)



Gambar 4. 23. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar(bambu)

a. Teras

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.28°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.88°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada teras sebesar 29.05°C pada jam 12:00. Suhu minimum pada teras sebesar 23.55°C pada jam 06:00. Penurunan maksimum sebesar 4.38°C pada jam 18:00 dari ruang luar. Suhu teras mengalami kenaikan suhu pada jam 08:00 - 13:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 1.58°C dari ruang luar pada jam 10:00. Penggunaan material bambu pada dinding dan atap sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

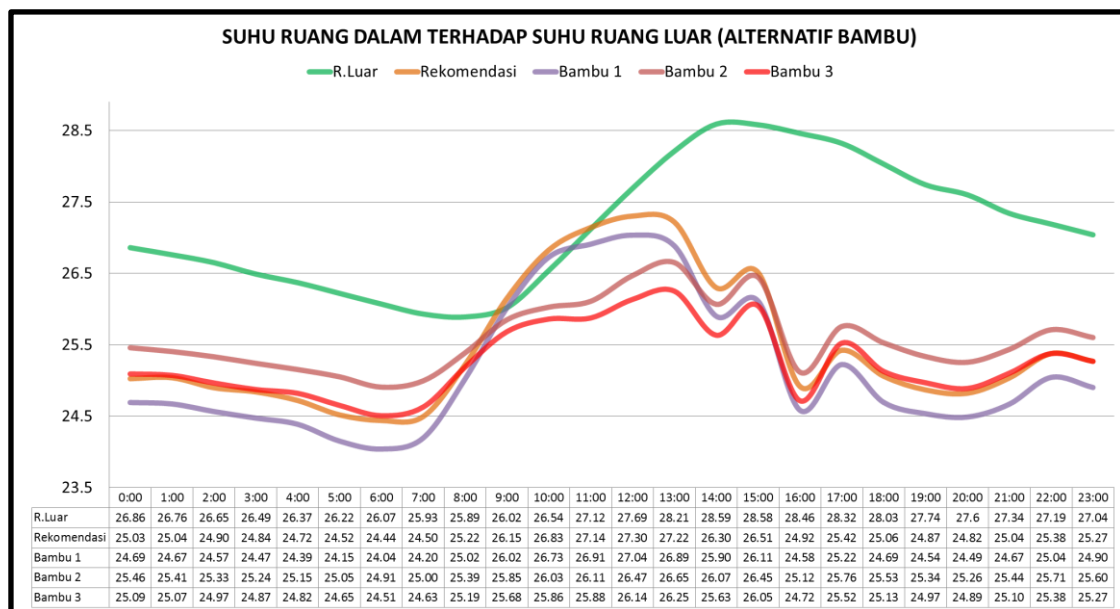
b. Ruang Tamu

Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.51°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.68°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang tamu sebesar 27.7°C pada jam 15:00. Suhu minimum pada ruang tamu sebesar 24.21°C pada jam 14:00. Penurunan maksimum sebesar 4.38°C dari ruang luar pada jam 14:00. Penurunan minimum sebesar 0.64°C dari ruang luar pada jam 04:00. Penggunaan material bambu pada atap dan dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

c. Ruang Keluarga

Suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 24.99°C . Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 2.16°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang keluarga sebesar 25.47°C pada jam 22:00. Suhu minimum pada ruang keluarga sebesar 24.47°C pada jam 11:00. Penurunan maksimum sebesar 3.62°C dari ruang luar pada jam 15:00. Penurunan minimum sebesar 1.05°C dari ruang luar pada jam 09:00. Penggunaan material bambu pada dinding dan atap sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

4.7.2. Perbandingan Suhu Rekomendasi



Gambar 4. 24. Grafik suhu ruang dalam terhadap ruang luar (alternatif bambu)

Penurunan suhu rata-rata pada ruang dalam bambu 1 sebesar 0.31°C dari ruang dalam rekomendasi. Penurunan maksimum sebesar 0.4°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 06:00 dan 14:00 - 15:00. Penurunan minimum sebesar 0.1°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 10:00. Suhu ruang dalam bambu 1 mengalami kenaikan suhu pada jam 10:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 0.19°C dari ruang dalam rekomendasi.

Kenaikan suhu rata-rata pada ruang dalam bambu 2 sebesar 0.12°C dari ruang dalam rekomendasi. Kenaikan suhu ruang dalam bambu 2 terjadi pada jam 00:00 - 08:00 dan 16:00 - 23:00. Kenaikan suhu maksimum sebesar 0.5°C dari ruang dalam

rekomendasi pada jam 06:00. Penurunan maksimum sebesar 1.03°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 11:00. Penurunan minimum sebesar 0.07°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 15:00.

Penurunan suhu rata-rata pada ruang dalam bambu 3 sebesar 0.22°C dari ruang dalam rekomendasi. Penurunan maksimum sebesar 1.27°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 11:00. Penurunan minimum sebesar 0.00°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 22:00 - 23:00. Suhu ruang dalam bambu 3 mengalami kenaikan suhu pada jam 00:00 - 07:00 dan 17:00-21:00. Kenaikan tertinggi sebesar 0.13°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 05:00. Kenaikan minimum sebesar 0.03°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 01:00 dan 03:00.

Berdasarkan gambar grafik di atas maka dari penggunaan material bambu, alternatif bambu 1 lebih baik dalam menurunkan suhu bila dibandingkan suhu ruang dalam rekomendasi. Jadi penggunaan material bambu pada atap lebih baik daripada penggunaan material genting tanah liat.

4.7.3.Perhitungan OTTV dan RTTV

1. Alternatif 1 (Atap Bambu dan Dinding Bata)

a. OTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan OTTV, beberapa variabel dalam rumus OTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas dinding dan bukaan pada orientasi tertentu, nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi tertentu (WWR), nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_f).

1) Luas bidang dinding, bukaan, dan total

Tabel 4. 48. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek bambu 1

Nama Bidang	Luas Bidang	Luas Bukaan	Luas Total
Dinding Depan	8.17	9.1	17.27
Dinding Belakang	24.16	2.1	26.26
Dinding Kiri	34.49	8.79	43.28
Dinding Kanan	34.49	8.79	43.28

2) Nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding (WWR)

Tabel 4. 49. Nilai WWR pada objek bambu 1

Nama Bidang	Luas Bukaan	Luas Total	Nilai WWR
Dinding Depan	9.1	17.27	0.53
Dinding Belakang	2.1	26.26	0.08
Dinding Kiri	8.79	43.28	0.20
Dinding Kanan	8.79	43.28	0.20

3) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 50. Nilai radiasi matahari pada objek bambu 1

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Dinding Depan	0.89	0.3	0.595
Dinding Belakang	0.89	0.3	0.595
Dinding Kiri	0.89	0.3	0.595
Dinding Kanan	0.89	0.3	0.595

4) Nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w)Tabel 4. 51. Nilai U_w pada objek bambu 1

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	U_w
Dinding Depan	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Belakang	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Kiri	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Kanan	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36

5) Nilai beda temperatur ekuivalen (TDek)

Tabel 4. 52. Nilai TDek dinding pada objek bambu 1

Nama Bidang	Density	Tdek
Dinding Depan	150	12
Dinding Belakang	150	12
Dinding Kiri	150	12
Dinding Kanan	150	12

6) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Tabel 4. 53. Nilai SC pada objek bambu 1

Nama Bidang	SCK	Ltakterteduhi	Lbukaan	SCef	SC
Dinding Depan	0.5	0	9.1	0.00	0.00
Dinding Belakang	0.5	2.1	2.1	1.00	0.50
Dinding Kiri	0.5	0	8.79	0.00	0.00
Dinding Kanan	0.5	0	8.79	0.00	0.00

7) Nilai radiasi matahari dari arah hadap(SF)

Tabel 4. 54. Nilai SF pada objek bambu 1

Nama Bidang	Arah Hadap	SF
Dinding Depan	Barat Daya	176
Dinding Belakang	Timur Laut	113
Dinding Kiri	Barat Laut	211
Dinding Kanan	Tenggara	112

8) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Uf)

Tabel 4. 55. Nilai Uf pada objek bambu 1

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	Uf
Dinding Depan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Belakang	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kiri	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kanan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00

9) Nilai OTTV

Tabel 4. 56. Perhitungan nilai OTTV objek bambu 1

Nama Bidang	WWR	α	Uw	TDek	SC	SF	Uf	A	OTTV
Dinding Depan	0.53	0.595	1.36	12	0.00	176	3.00	17.27	215.854
Dinding Belakang	0.08	0.595	1.36	12	0.50	113	3.00	26.26	384.280
Dinding Kiri	0.20	0.595	1.36	12	0.00	211	3.00	43.28	466.210
Dinding Kanan	0.20	0.595	1.36	12	0.00	112	3.00	43.28	466.210
TOTAL								130.09	1532.554
NILAI OTTV(Overall Thermal Transfer Value)									11.781

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada dinding luar bangunan (OTTV) adalah nilai total OTTV tiap dinding luar dibagi luas total dinding luar. Nilai OTTV pada objek bambu 1 adalah 11.781 Watt/m². Sehingga bangunan objek bambu 1 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (SNI 03-6389-2000).

b. RTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan RTTV, beberapa variabel dalam rumus RTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas bidang atap tak tembus cahaya dan tembus cahaya, nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s).

1) Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Tabel 4. 57. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Nama Bidang	Luas Tak Tembus Cahaya	Luas Tembus Cahaya	Luas Total
Atap	141.7	0	141.7

2) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)Tabel 4. 58. Nilai *absorbtansi* radiasi matahari pada objek bambu 1

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Atap	0.78	0.58	0.68

- 3) Nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r)

Tabel 4. 59. Nilai U_r pada objek bambu 1

Nama Bidang	Density	U_r
Atap	60	0.8

- 4) Nilai beda temperatur ekuivalen (T_{Dek})

Tabel 4. 60. Nilai T_{Dek} atap pada objek bambu 1

Nama Bidang	Density	T_{Dek}
Atap	60	20

- 5) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Atap pada objek tidak terdapat *skylight* sehingga nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* adalah 0.

- 6) Nilai radiasi matahari (SF)

Nilai radiasi matahari pada atap sesuai ketentuan yaitu 316 Watt/m²

- 7) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s)

Tabel 4. 61. Nilai U_s pada objek bambu 1

Nama Bidang	R_{ul}	R_{up}	t	k	R_k	R_{total}	U_s
Atap	0.04	0.29	0.05	1.15	0.043	0.373	2.678

- 8) Nilai RTTV

Tabel 4. 62. Perhitungan nilai RTTV objek bambu 1

Nama Bidang	α	A_r	A_s	U_r	T_{Dek}	SC	SF	U_s	A	RTTV
Atap	0.68	141.7	0	0.8	20	0	316	2.678	141.7	10.88
NILAI RTTV(Roof Thermal Transfer Value)										10.88

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada atap bangunan (RTTV) adalah nilai total RTTV tiap atap dibagi luas total atap. Nilai RTTV pada objek bambu 1 adalah 10.88 Watt/m². Sehingga bangunan objek bambu 1 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (standar SNI 03-6389-2000).

2. Alternatif 2 (Atap Genteng Tanah Liat dan Dinding Bambu)

a. OTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan OTTV, beberapa variabel dalam rumus OTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas dinding dan bukaan pada orientasi tertentu, nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi tertentu (WWR), nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_f).

1) Luas bidang dinding, bukaan, dan total

Tabel 4. 63. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek bambu 2

Nama Bidang	Luas Bidang	Luas Bukaan	Luas Total
Dinding Depan	8.17	9.1	17.27
Dinding Belakang	24.16	2.1	26.26
Dinding Kiri	34.49	8.79	43.28
Dinding Kanan	34.49	8.79	43.28

2) Nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding (WWR)

Tabel 4. 64. Nilai WWR pada objek bambu 2

Nama Bidang	Luas Bukaan	Luas Total	Nilai WWR
Dinding Depan	9.1	17.27	0.53
Dinding Belakang	2.1	26.26	0.08
Dinding Kiri	8.79	43.28	0.20
Dinding Kanan	8.79	43.28	0.20

3) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 65. Nilai radiasi matahari pada objek bambu 2

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Dinding Depan	0.78	0.58	0.68
Dinding Belakang	0.78	0.58	0.68
Dinding Kiri	0.78	0.58	0.68
Dinding Kanan	0.78	0.58	0.68

4) Nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w)Tabel 4. 66. Nilai U_w pada objek bambu 2

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	U_w
Dinding Depan	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55
Dinding Belakang	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55
Dinding Kiri	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55
Dinding Kanan	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55

5) Nilai beda temperatur ekuivalen (T_{Dek})Tabel 4. 67. Nilai T_{Dek} dinding pada objek bambu 2

Nama Bidang	Density	T_{Dek}
Dinding Depan	60	15
Dinding Belakang	60	15
Dinding Kiri	60	15
Dinding Kanan	60	15

6) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)Tabel 4. 68. Nilai SC pada objek bambu 2

Nama Bidang	SCK	Ltakterteduhi	Lbukaan	SCef	SC
Dinding Depan	0.5	0	9.1	0.00	0.00
Dinding Belakang	0.5	2.1	2.1	1.00	0.50
Dinding Kiri	0.5	0	8.79	0.00	0.00
Dinding Kanan	0.5	0	8.79	0.00	0.00

7) Nilai radiasi matahari dari arah hadap (SF)Tabel 4. 69. Nilai SF pada objek bambu 2

Nama Bidang	Arah Hadap	SF
Dinding Depan	Barat Daya	176
Dinding Belakang	Timur Laut	113
Dinding Kiri	Barat Laut	211
Dinding Kanan	Tenggara	112

8) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Uf)

Tabel 4. 70. Nilai Uf pada objek bambu 2

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	Uf
Dinding Depan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Belakang	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kiri	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kanan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00

9) Nilai OTTV

Tabel 4. 71. Perhitungan nilai OTTV objek bambu 2

Nama Bidang	WWR	α	Uw	TDek	SC	SF	Uf	A	OTTV
Dinding Depan	0.53	0.68	0.55	15	0.00	176	3.00	17.27	182.316
Dinding Belakang	0.08	0.68	0.55	15	0.50	113	3.00	26.26	285.103
Dinding Kiri	0.20	0.68	0.55	15	0.00	211	3.00	43.28	324.629
Dinding Kanan	0.20	0.68	0.55	15	0.00	112	3.00	43.28	324.629
TOTAL								130.09	1116.677
NILAI OTTV(Overall Thermal Transfer Value)									8.584

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada dinding luar bangunan (OTTV) adalah nilai total OTTV tiap dinding luar dibagi luas total dinding luar. Nilai OTTV pada objek bambu 2 adalah 8.584 Watt/m². Sehingga bangunan objek bambu 2 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (SNI 03-6389-2000).

b. RTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan RTTV, beberapa variabel dalam rumus RTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas bidang atap tak tembus cahaya dan tembus cahaya, nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (Ur), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Us).

- 1) Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Tabel 4. 72. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Nama Bidang	Luas Tak Tembus Cahaya	Luas Tembus Cahaya	Luas Total
Atap	141.7	0	141.7

- 2) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 73. Nilai *absorbtansi* radiasi matahari pada objek bambu 2

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Atap	0.56	0.88	0.72

- 3) Nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r)

Tabel 4. 74. Nilai U_r pada objek bambu 2

Nama Bidang	Density	U_r
Atap	150	0.8

- 4) Nilai beda temperatur ekuivalen (T_{Dek})

Tabel 4. 75. Nilai T_{Dek} atap pada objek bambu 2

Nama Bidang	Density	T_{dek}
Atap	150	20

- 5) Nilai koefisien peneduh dari sistem fenestrasi(SC)

Atap pada objek tidak terdapat *skylight* sehingga nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* adalah 0.

- 6) Nilai radiasi matahari(SF)

Nilai radiasi matahari pada atap sesuai ketentuan yaitu 316 Watt/m²

- 7) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s)

Tabel 4. 76. Nilai U_s pada objek bambu 2

Nama Bidang	R _{ul}	R _{up}	t	k	R _k	R _{total}	U _s
Atap	0.04	0.29	0.05	1.15	0.043	0.373	2.678

8) Nilai RTTV

Tabel 4. 77. Perhitungan nilai RTTV objek bambu 2

Nama Bidang	α	Ar	As	Ur	TDek	SC	SF	Us	A	RTTV
Atap	0.72	141.7	0	0.8	20	0	316	2.678	141.7	11.52
NILAI RTTV (Roof Thermal Transfer Value)										11.52

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada atap bangunan (RTTV) adalah nilai total RTTV tiap atap dibagi luas total atap. Nilai RTTV pada objek bambu 2 adalah 11.52 Watt/m². Sehingga bangunan objek bambu 2 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (standar SNI 03-6389-2000).

3. Alternatif 3 (Atap Bambu dan Dinding Bambu)

a. OTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan OTTV, beberapa variabel dalam rumus OTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas dinding dan bukaan pada orientasi tertentu, nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi tertentu (WWR), nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_f).

1) Luas bidang dinding, bukaan, dan total

Tabel 4. 78. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek bambu 3

Nama Bidang	Luas Bidang	Luas Bukaan	Luas Total
Dinding Depan	8.17	9.1	17.27
Dinding Belakang	24.16	2.1	26.26
Dinding Kiri	34.49	8.79	43.28
Dinding Kanan	34.49	8.79	43.28

2) Nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding (WWR)

Tabel 4. 79. Nilai WWR pada objek bambu 3

Nama Bidang	Luas Buka	Luas Total	Nilai WWR
Dinding Depan	9.1	17.27	0.53
Dinding Belakang	2.1	26.26	0.08
Dinding Kiri	8.79	43.28	0.20
Dinding Kanan	8.79	43.28	0.20

3) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 80. Nilai radiasi matahari pada objek bambu 3

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Dinding Depan	0.78	0.58	0.68
Dinding Belakang	0.78	0.58	0.68
Dinding Kiri	0.78	0.58	0.68
Dinding Kanan	0.78	0.58	0.68

4) Nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w)Tabel 4. 81. Nilai U_w pada objek bambu 3

Nama Bidang	R _{ul}	R _{up}	t	k	R _k	R _{total}	U _w
Dinding Depan	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55
Dinding Belakang	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55
Dinding Kiri	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55
Dinding Kanan	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55

5) Nilai beda temperatur ekuivalen (TD_{dek})Tabel 4. 82. Nilai TD_{dek} dinding pada objek bambu 3

Nama Bidang	Density	TD _{dek}
Dinding Depan	60	15
Dinding Belakang	60	15
Dinding Kiri	60	15
Dinding Kanan	60	15

6) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Tabel 4. 83. Nilai SC pada objek bambu 3

Nama Bidang	S _{Ck}	L _{takterteduhi}	L _{bukaan}	S _{Cef}	SC
Dinding Depan	0.5	0	9.1	0.00	0.00
Dinding Belakang	0.5	2.1	2.1	1.00	0.50
Dinding Kiri	0.5	0	8.79	0.00	0.00
Dinding Kanan	0.5	0	8.79	0.00	0.00

7) Nilai radiasi matahari dari arah hadap (SF)

Tabel 4. 84. Nilai SF pada objek bambu 3

Nama Bidang	Arah Hadap	SF
Dinding Depan	Barat Daya	176
Dinding Belakang	Timur Laut	113
Dinding Kiri	Barat Laut	211
Dinding Kanan	Tenggara	112

8) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_f)Tabel 4. 85. Nilai U_f pada objek bambu 3

Nama Bidang	R _{ul}	R _{up}	t	k	R _k	R _{total}	U _f
Dinding Depan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Belakang	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kiri	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kanan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00

9) Nilai OTTV

Tabel 4. 86. Perhitungan nilai OTTV objek bambu 3

Nama Bidang	WWR	α	U _w	T _{Dek}	SC	SF	U _f	A	OTTV
Dinding Depan	0.53	0.68	0.55	15	0.00	176	3.00	17.27	182.316
Dinding Belakang	0.08	0.68	0.55	15	0.50	113	3.00	26.26	285.103
Dinding Kiri	0.20	0.68	0.55	15	0.00	211	3.00	43.28	324.629
Dinding Kanan	0.20	0.68	0.55	15	0.00	112	3.00	43.28	324.629
TOTAL								130.09	1116.677
NILAI OTTV (Overall Thermal Transfer Value)									8.584

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada dinding luar bangunan (OTTV) adalah nilai total OTTV tiap dinding luar dibagi luas total dinding luar. Nilai OTTV pada objek bambu 3 adalah 8.584 Watt/m². Sehingga bangunan objek

bambu 3 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (SNI 03-6389-2000).

b. RTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan RTTV, beberapa variabel dalam rumus RTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas bidang atap tak tembus cahaya dan tembus cahaya, nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s).

1) Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Tabel 4. 87. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Nama Bidang	Luas Tak Tembus Cahaya	Luas Tembus Cahaya	Luas Total
Atap	141.7	0	141.7

2) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 88. Nilai *absorbtansi* radiasi matahari pada objek bambu 3

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Atap	0.78	0.58	0.68

3) Nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r)

Tabel 4. 89. Nilai U_r pada objek bambu 3

Nama Bidang	Density	U_r
Atap	60	0.8

4) Nilai beda temperatur ekuivalen (TDek)

Tabel 4. 90. Nilai TDek atap pada objek bambu 3

Nama Bidang	Density	Tdek
Atap	60	20

5) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Atap pada objek tidak terdapat *skylight* sehingga nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* adalah 0.

6) Nilai radiasi matahari (SF)

Nilai radiasi matahari pada atap sesuai ketentuan yaitu 316 Watt/m²

7) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Us)

Tabel 4. 91. Nilai Us pada objek bambu 3

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	Us
Atap	0.04	0.29	0.05	1.15	0.043	0.373	2.678

8) Nilai RTTV

Tabel 4. 92. Perhitungan nilai RTTV objek bambu 3

Nama Bidang	α	Ar	As	Ur	TDek	SC	SF	Us	A	RTTV
Atap	0.68	141.7	0	0.8	20	0	316	2.678	141.7	10.88
NILAI RTTV (Roof Thermal Transfer Value)										10.88

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada atap bangunan (RTTV) adalah nilai total RTTV tiap atap dibagi luas total atap. Nilai RTTV pada objek bambu 3 adalah 10.88 Watt/m². Sehingga bangunan objek bambu 3 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (standar SNI 03-6389-2000).

4.7.4. Perbandingan OTTV dan RTTV

Tabel 4. 93. Perbandingan nilai OTTV dan RTTV rekomendasi dengan alternatif bambu

Nama	Rekomendasi	Bambu 1	Bambu 2	Bambu 3
Nilai OTTV	11.781	11.781	8.584	8.584
Nilai RTTV	11.520	10.880	11.520	10.880
Total	11.645	11.311	10.115	9.781

Berdasarkan nilai total OTTV dan RTTV alternatif bambu 3 memiliki nilai terendah dibandingkan dengan rekomendasi, bambu 1, dan bambu 2. Jadi, dari segi

OTTV dan RTTV alternatif bambu 3 lebih baik. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada objek alternatif bambu adalah warna bahan, jenis bahan, *density* bahan, dan *conductivity* bahan. Berikut penjabaran faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV objek alternatif bambu terhadap objek rekomendasi.

Tabel 4. 94. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada alternatif bambu

Nama Objek	Nama Bidang							
	Dinding				Atap			
	Warna	Bahan	Density	Conductivity	Warna	Bahan	Density	Conductivity
Rekomendasi	Putih Semi Kilap	Batu Bata	Batu Bata	Batu Bata	Coklat Tua	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat
	0.3	0.89	150	0.52	0.88	0.56	150	0.52
Bambu 1	Putih Semi Kilap	Batu Bata	Batu Bata	Batu Bata	Kuning medium	Bambu	Bambu	Bambu
	0.3	0.89	150	0.52	0.58	0.78	60	0.18
Bambu 2	Kuning Medium	Bambu	Bambu	Bambu	Coklat Tua	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat
	0.58	0.78	60	0.18	0.88	0.56	150	0.52
Bambu 3	Kuning Medium	Bambu	Bambu	Bambu	Kuning medium	Bambu	Bambu	Bambu
	0.58	0.78	60	0.18	0.58	0.78	60	0.18

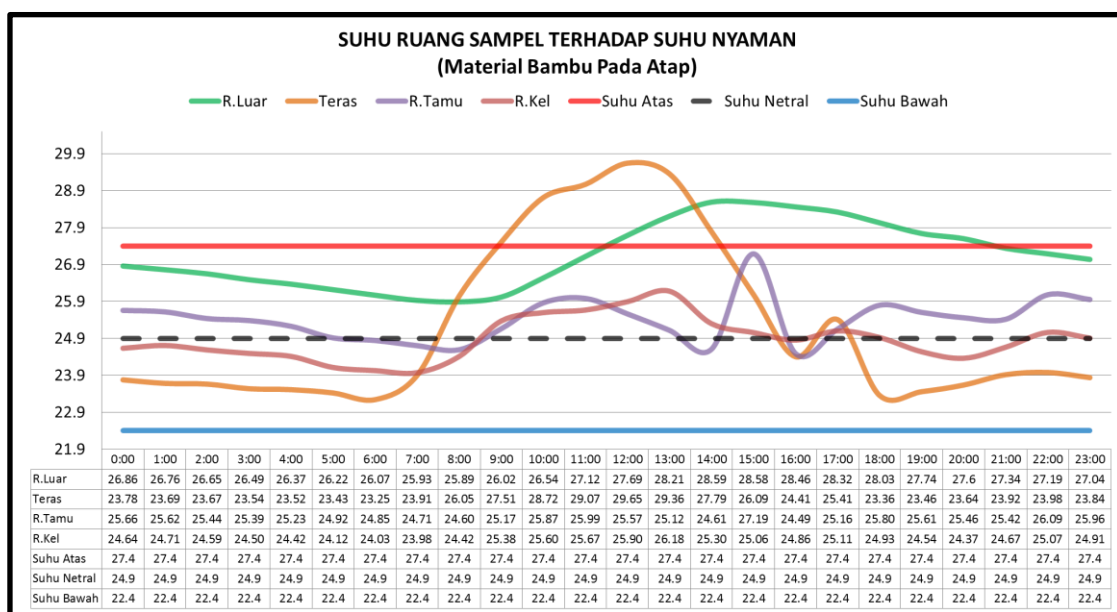
faktor tersebut yang mempengaruhi nilai *absorbtansi* radiasi matahari, nilai beda temperatur ekuivalen, dan nilai *transmitansi thermal* pada bidang tak tembus cahaya dalam perhitungan OTTV dan RTTV.

4.7.5. Analisis Hasil

1. Suhu Netral

Analisis ini bertujuan mengetahui pengaruh perubahan material selubung bangunan terhadap suhu ruang sampel dan untuk mengetahui berapa lama suhu ruang sampel berada pada suhu nyaman.

a. Alternatif 1 (Atap Bambu dan Dinding Bata)



Gambar 4. 25. Grafik pengaruh material atap (bambu)

Suhu teras bambu 1 melewati batas nyaman atas pada jam 09:00 - 14:30. Suhu teras berada pada zona nyaman atas pada jam 07:30 - 09:00, 14:30 - 15:30, dan 16:30 - 17:30. Suhu teras juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 00:00 - 07:30, 15:30 - 16:30, dan 17:30 - 23:00. Jadi, suhu teras melewati zona nyaman atas selama 5.5 jam, berada pada zona nyaman atas selama 4.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 14 jam.

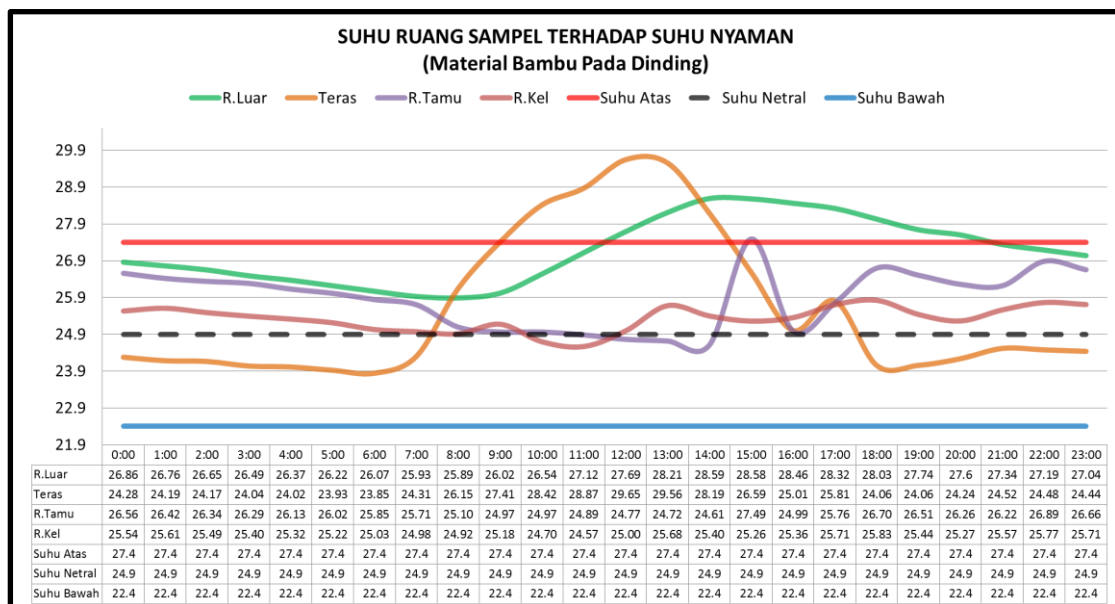
Suhu ruang tamu bambu 1 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang tamu berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 05:00, 08:30 - 13:30, dan 14:30 - 16:30. Suhu ruang tamu juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 05:00 - 08:30, 13:30 - 14:30, dan 16:30 - 17:00. Jadi, suhu ruang tamu tidak melewati

batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 19 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 5 jam.

Suhu ruang keluarga bambu 1 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang tamu berada pada zona nyaman atas pada jam 08:30 - 15:30, dan 16:30 - 18:30. Suhu ruang keluarga juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 00:00 - 08:30, 15:30 - 16:30, dan 18:30 - 23:00. Jadi, suhu ruang keluarga tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 18.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 5.5 jam.

Berdasarkan penjabaran tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu rumah tinggal bambu 1 melewati batas atas zona nyaman selama 1.8 jam, berada pada zona nyaman atas selama 14 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 8.2 jam. Jadi penggunaan metrial bambu pada atap sudah dapat memaksimalkan dalam pencapaian suhu nyaman.

b. Alternatif 2 (Atap Genteng Tanah Liat dan Dinding Bambu)



Gambar 4. 26. Grafik pengaruh material dinding (bambu)

Suhu teras bambu 2 melewati batas nyaman atas pada jam 09:00 - 14:30. Suhu teras berada pada zona nyaman atas pada jam 07:30 - 09:00 dan 14:30 - 17:30. Suhu teras juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 00:00 - 07:30 dan

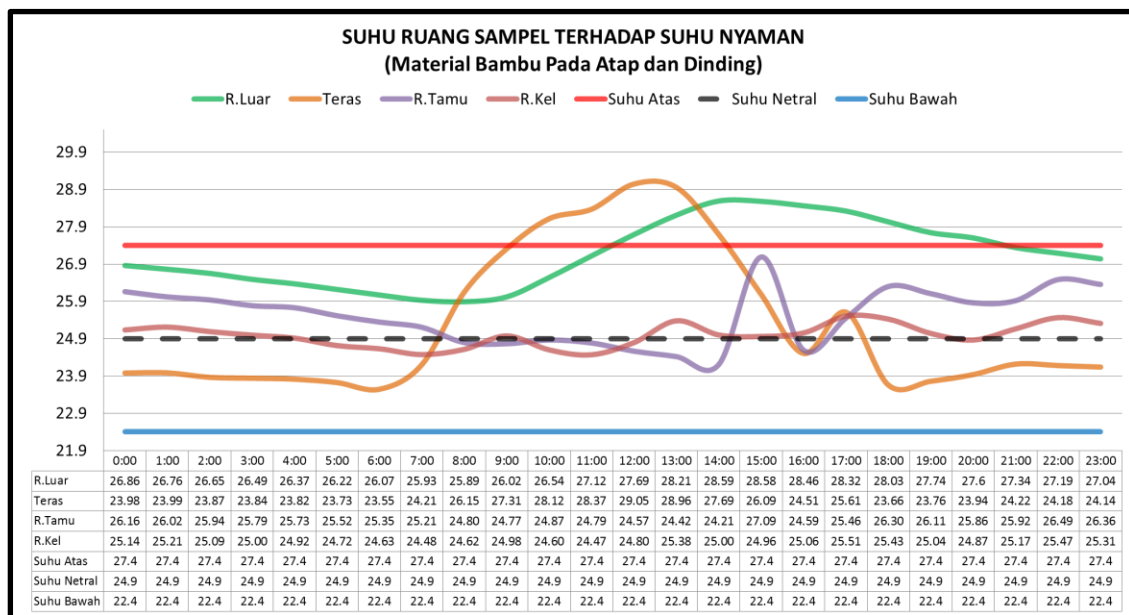
17:30 - 23:00. Jadi, suhu teras melewati zona nyaman atas selama 5.5 jam, berada pada zona nyaman atas selama 5.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 13 jam.

Suhu ruang tamu bambu 2 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang tamu berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 10:30 dan 14:30 - 23:00. Suhu ruang tamu juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 10:30 - 14:00. Jadi, suhu ruang tamu tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 20.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 3.5 jam.

Suhu ruang keluarga bambu 2 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang keluarga berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 10:30, dan 11:30 - 23:00. Suhu ruang keluarga juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 10:30 - 11:30. Jadi, suhu ruang keluarga tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 23 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 1 jam.

Berdasarkan penjabaran tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu rumah tinggal bambu 2 melewati batas atas zona nyaman selama 1.8 jam, berada pada zona nyaman atas selama 16.8 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 8.2 jam. Jadi penggunaan material bambu pada dinding sudah dapat memaksimalkan dalam pencapaian suhu nyaman.

c. Alternatif 3 (Atap Bambu dan Dinding Bambu)



Gambar 4. 27. Grafik material atap dan dinding (bambu)

Suhu teras bambu 3 melewati batas nyaman atas pada jam 09:00 - 14:00. Suhu teras berada pada zona nyaman atas pada jam 07:30 - 09:00, 14:30 - 15:30, dan 16:30 - 17:30. Suhu teras juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 00:00 - 07:30, 15:30 - 16:30, dan 17:30 - 23:00. Jadi, suhu teras melewati zona nyaman atas selama 5. jam, berada pada zona nyaman atas selama 4 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 15 jam.

Suhu ruang tamu bambu 3 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang tamu berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 04:00, 08:30 - 09:30, dan 12:00 - 23:00. Suhu ruang tamu juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 04:30 - 08:30 dan 09:30 - 12:00. Jadi, suhu ruang tamu tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 18 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 6 jam.

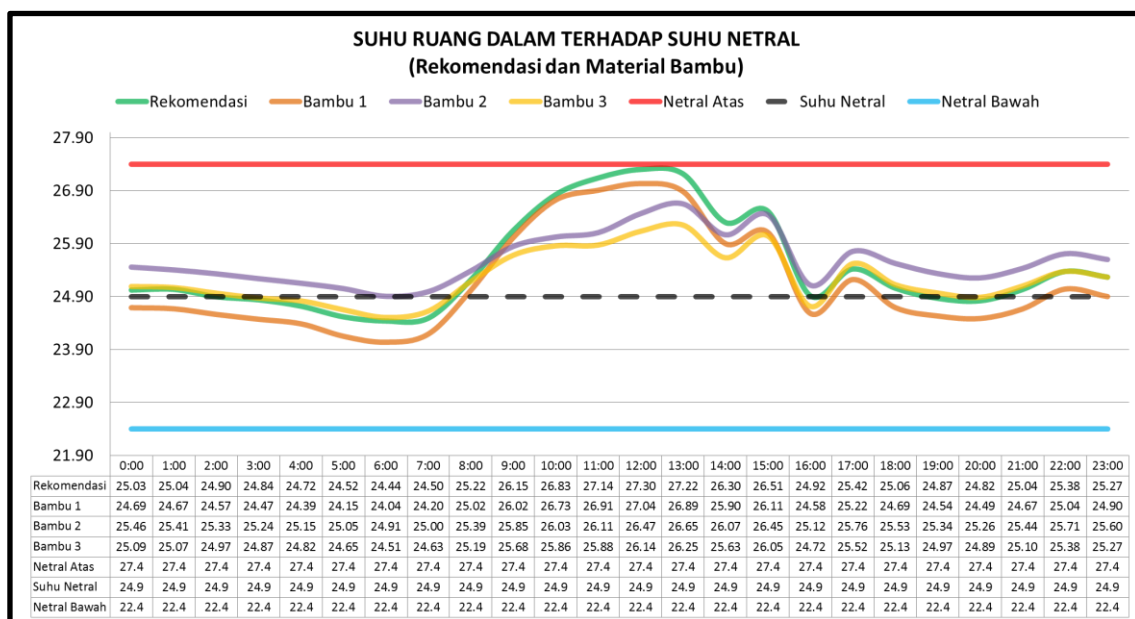
Suhu ruang keluarga bambu 3 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang keluarga berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 08:30, 14:30 - 15:30, dan 16:30 - 23:00. Suhu ruang keluarga juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 08:30 - 12:30 dan 15:30 - 16:30. Jadi, suhu ruang keluarga tidak

melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 19 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 5 jam.

Berdasarkan penjabaran tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu rumah tinggal bambu 3 melewati batas atas zona nyaman selama 1.7 jam, berada pada zona nyaman atas selama 13.7 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 8.7 jam. Jadi penggunaan metrial bambu pada dinding dan atap sudah dapat memaksimalkan dalam pencapaian suhu nyaman.

2. *Thermal properties material*

Analisis ini bertujuan mengetahui pengaruh *thermal properties material* terhadap suhu ruang sampel.



Gambar 4. 28. Grafik rekomendasi dengan alternatif material bambu

Berdasarkan grafik diatas suhu ruang pada bambu 3 (material bambu pada dinding dan atap) mengalami penurunan suhu yang lebih besar. Sehingga penggunaan material bambu pada selubung bangunan lebih baik dibandingkan dengan material bata dan genting tanah liat.

Tabel 4. 95. *Thermal properties material* bahan alternatif bambu

Bahan bangunan	Gaya berat $\rho(\text{kg/m}^3)$	Kapasitas penyimpanan panas $c_p \text{ Wh/Kg K}$	Penyaluran panas $\lambda(\text{W/m K})$
Batu Bata	1500	0,26	0,52
Bambu	600	0,78	0,18

Penurunan suhu ini dipengaruhi oleh kerapatan bambu lebih rendah dari bata, kapasitas penyimpanan panas pada bambu lebih tinggi dari bata, dan daya hantar panas pada bambu lebih rendah. Perubahan material bambu pada dinding dan atap lebih berpengaruh dari pada penggunaan material bambu pada atap saja atau pada dinding saja dalam penurunan suhu maksimum.

4.8. Simulasi Material Kayu Balsa

Tingkat kekerasan kayu berbanding terbalik dengan penurunan suhu pada ruang (Panshin et al, 1964). Hal ini yang mendasari untuk melakukan percobaan dengan menggunakan material kayu lunak. Sehingga pada rekomendasi selubung bangunan tentang perubahan material pada dinding dan atap menggunakan material kayu balsa karena memiliki tingkat kerapatan yang rendah yaitu 130 Kg/m^2 . Dalam penelitian ini menggunakan material balsa yang di kombinasikan dengan bata/material asli dan secara keseluruhan menggunakan material kayu balsa sebagai material selubung bangunan.

Tahap ini bertujuan mengetahui pengaruh penerapan alternatif material balsa terhadap penurunan suhu tiap ruang. Pertama-tama memasukkan gambar perspektif (hasil olahan *software Google SketchUp 8 pro*). Lalu perubahan material atap dan dinding, pemilihan ruang yang akan di ukur, dan hasil simulasi diproyeksikan kekenyataan dengan menggunakan persentase deviasi. Jadi, hasil simulasi alternatif penggunaan material balsa adalah sebagai berikut.

1. Material kayu balsa untuk atap saja

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.21°C, Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.44°C, dan suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 24.94°C.

Tabel 4. 96. Hasil pengukuran simulasi

Jam	Teras			Ruang Tamu			Ruang Keluarga		
	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita
0	23.4	-0.28	23.68	25.6	-0.16	25.76	26.2	1.37	24.84
1	23.3	-0.28	23.59	25.6	-0.12	25.72	26.2	1.29	24.91
2	23.2	-0.37	23.57	25.5	-0.14	25.64	26.1	1.21	24.89
3	23.1	-0.44	23.54	25.3	-0.29	25.59	25.9	1.11	24.80
4	22.9	-0.51	23.42	25.2	-0.23	25.43	25.8	1.09	24.72
5	22.8	-0.53	23.33	25	-0.22	25.22	25.6	1.09	24.52
6	22.8	-0.45	23.25	25	-0.15	25.15	25.6	1.17	24.43
7	23.9	0.00	23.91	25.2	0.20	25.01	25.6	1.23	24.38
8	28.3	2.05	26.25	26.7	1.61	25.10	26.3	1.49	24.82
9	32.1	4.29	27.81	28.4	2.94	25.47	27.5	1.93	25.58
10	34.8	5.79	29.02	29.9	3.84	26.07	28.7	3.10	25.60
11	35.5	6.13	29.37	30.6	4.62	25.99	29.5	4.03	25.47
12	35.6	5.76	29.85	30.9	5.44	25.47	29.9	4.31	25.60
13	34.8	5.35	29.46	30.9	5.98	24.92	30.1	4.32	25.78
14	33.2	5.31	27.89	30.4	6.09	24.31	29.9	4.90	25.00
15	31	4.92	26.09	29.7	2.81	26.89	29.6	4.84	24.76
16	28.6	4.30	24.31	28.8	4.71	24.09	29	4.45	24.56
17	28.5	3.19	25.31	28.5	3.55	24.96	28.6	3.60	25.01
18	24.7	1.45	23.26	27.2	1.60	25.60	27.9	3.08	24.83
19	24.3	1.04	23.26	26.8	1.30	25.51	27.5	2.96	24.54
20	24.1	0.56	23.54	26.5	1.14	25.36	27.2	2.74	24.47
21	23.9	0.08	23.82	26.3	0.88	25.42	26.9	2.14	24.77
22	23.8	-0.08	23.88	26.1	0.02	26.09	26.8	1.64	25.17
23	23.5	-0.24	23.74	25.9	-0.05	25.96	26.6	1.49	25.11
	Rata-rata		25.21	Rata-rata		25.44	Rata-rata		24.94

2. Material kayu balsa untuk dinding saja

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.5°C, Suhu rata-rat pada ruang tamu sebesar 25.68°C, dan suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 25.1°C.

Tabel 4. 97. Hasil pengukuran simulasi

Jam	Teras			Ruang Tamu			Ruang Keluarga		
	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita
0	24.6	-0.28	24.88	26.7	-0.16	26.86	27.1	1.37	25.74
1	24.5	-0.28	24.79	26.6	-0.12	26.72	27.1	1.29	25.81
2	24.4	-0.37	24.77	26.5	-0.14	26.64	27	1.21	25.79
3	24.3	-0.44	24.74	26.4	-0.29	26.69	26.9	1.11	25.80
4	24.2	-0.51	24.72	26.4	-0.23	26.63	26.8	1.09	25.72
5	24.1	-0.53	24.63	26.3	-0.22	26.52	26.7	1.09	25.62
6	24.1	-0.45	24.55	26.2	-0.15	26.35	26.7	1.17	25.53
7	24.9	0.00	24.91	26.4	0.20	26.21	26.7	1.23	25.48
8	28.2	2.05	26.15	27.1	1.61	25.50	26.9	1.49	25.42
9	31.1	4.29	26.81	27.9	2.94	24.97	27.4	1.93	25.48
10	33.2	5.79	27.42	28.7	3.84	24.87	27.9	3.10	24.80
11	33.8	6.13	27.67	29.1	4.62	24.49	28.3	4.03	24.27
12	33.9	5.76	28.15	29.3	5.44	23.87	28.5	4.31	24.20
13	33.3	5.35	27.96	29.3	5.98	23.32	28.7	4.32	24.38
14	32	5.31	26.69	29.1	6.09	23.01	28.6	4.90	23.70
15	30.3	4.92	25.39	28.8	2.81	25.99	28.5	4.84	23.66
16	28.5	4.30	24.21	28.4	4.71	23.69	28.3	4.45	23.86
17	28.4	3.19	25.21	28.3	3.55	24.76	28.2	3.60	24.61
18	25.6	1.45	24.16	27.7	1.60	26.10	28.1	3.08	25.03
19	25.4	1.04	24.36	27.6	1.30	26.31	28	2.96	25.04
20	25.2	0.56	24.64	27.4	1.14	26.26	27.8	2.74	25.07
21	25.1	0.08	25.02	27.3	0.88	26.42	27.7	2.14	25.57
22	25	-0.08	25.08	27.1	0.02	27.09	27.6	1.64	25.97
23	24.8	-0.24	25.04	27	-0.05	27.06	27.4	1.49	25.91
	Rata-rata		25.50	Rata-rata		25.68	Rata-rata		25.10

3. Atap dan dinding menggunakan material kayu balsa.

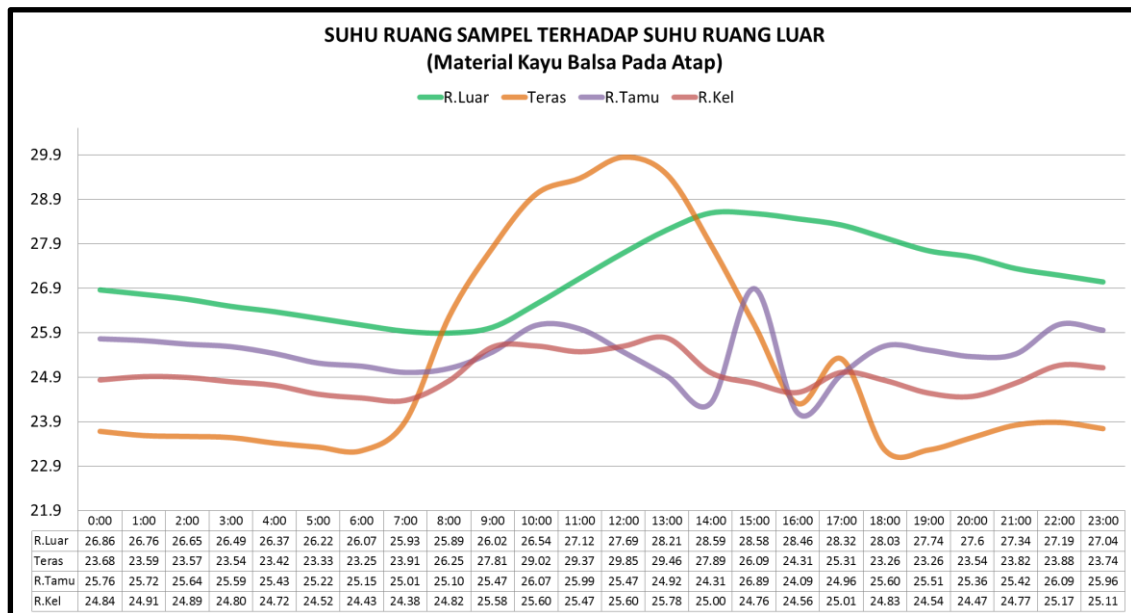
Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.27°C, Suhu rata-rat pada ruang tamu sebesar 25.43°C, dan suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 24.86°C.

Tabel 4. 98. Hasil pengukuran simulasi

Jam	Teras			Ruang Tamu			Ruang Keluarga		
	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita
0	24.6	-0.28	24.88	26.4	-0.16	26.56	26.8	1.37	25.44
1	24.5	-0.28	24.79	26.2	-0.12	26.32	26.7	1.29	25.41
2	24.3	-0.37	24.67	26.1	-0.14	26.24	26.6	1.21	25.39
3	24.2	-0.44	24.64	26	-0.29	26.29	26.5	1.11	25.40
4	24	-0.51	24.52	25.9	-0.23	26.13	26.3	1.09	25.22
5	24	-0.53	24.53	25.8	-0.22	26.02	26.3	1.09	25.22
6	23.9	-0.45	24.35	25.8	-0.15	25.95	26.2	1.17	25.03
7	24.9	0.00	24.91	26.1	0.20	25.91	26.4	1.23	25.18
8	28.1	2.05	26.05	27.3	1.61	25.70	27	1.49	25.52
9	30.9	4.29	26.61	28.3	2.94	25.37	27.7	1.93	25.78
10	32.7	5.79	26.92	29.1	3.84	25.27	28.3	3.10	25.20
11	33.1	6.13	26.97	29.3	4.62	24.69	28.5	4.03	24.47
12	33.2	5.76	27.45	29.4	5.44	23.97	28.6	4.31	24.30
13	32.6	5.35	27.26	29.2	5.98	23.22	28.6	4.32	24.28
14	31.4	5.31	26.09	28.9	6.09	22.81	28.4	4.90	23.50
15	29.8	4.92	24.89	28.4	2.81	25.59	28.1	4.84	23.26
16	28.2	4.30	23.91	27.9	4.71	23.19	27.9	4.45	23.46
17	28.2	3.19	25.01	27.9	3.55	24.36	27.9	3.60	24.31
18	25.6	1.45	24.16	27.3	1.60	25.70	27.7	3.08	24.63
19	25.4	1.04	24.36	27.2	1.30	25.91	27.6	2.96	24.64
20	25.2	0.56	24.64	27	1.14	25.86	27.5	2.74	24.77
21	25.1	0.08	25.02	26.9	0.88	26.02	27.3	2.14	25.17
22	25	-0.08	25.08	26.8	0.02	26.79	27.2	1.64	25.57
23	24.7	-0.24	24.94	26.5	-0.05	26.56	27	1.49	25.51
	Rata-rata		25.27	Rata-rata		25.43	Rata-rata		24.86

4.8.1. Hasil Simulasi

1. Alternatif 1 (Atap Balsa dan Dinding Bata)



Gambar 4. 29. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa atap)

a. Teras

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.21°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.95°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada teras sebesar 29.85°C pada jam 12:00. Suhu minimum pada teras sebesar 23.25°C pada jam 06:00. Penurunan maksimum sebesar 4.78°C pada jam 18:00 dari ruang luar. Suhu teras mengalami kenaikan suhu pada jam 08:00 - 13:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 2.48°C dari ruang luar pada jam 10:00. Penggunaan material balsa pada atap sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

b. Ruang Tamu

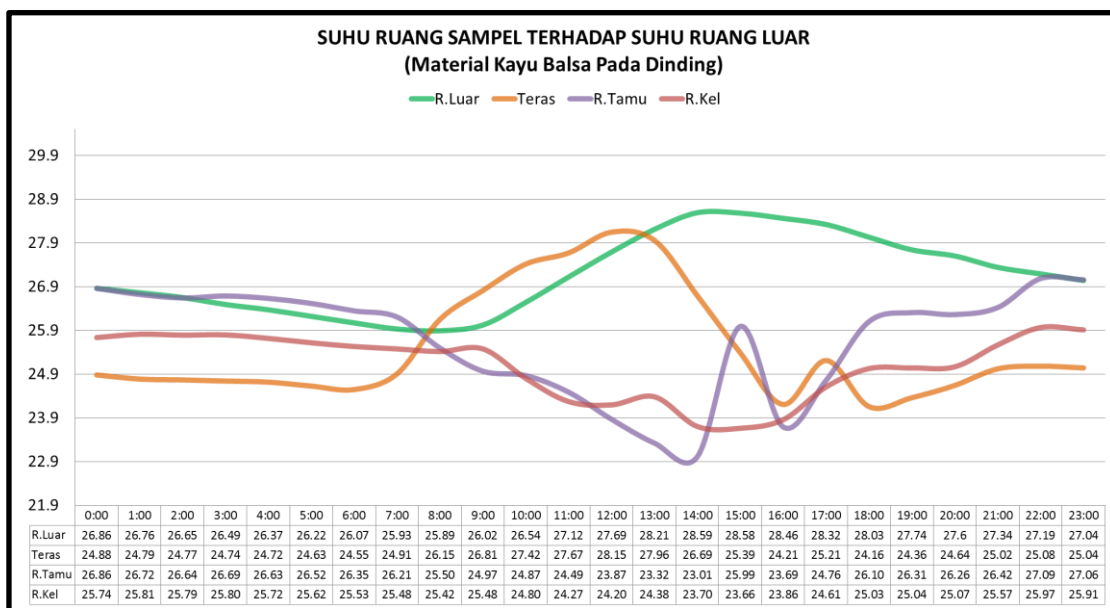
Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.44°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.71°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang tamu sebesar 26.07°C pada jam 10:00. Suhu minimum pada ruang tamu sebesar 24.09°C pada jam 16:00. Penurunan maksimum sebesar 4.37°C dari ruang luar pada jam 16:00. Penurunan minimum sebesar 0.48°C dari ruang luar pada jam 10:00. Penggunaan

material balsa pada atap sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

c. Ruang Keluarga

Suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 24.94°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 2.22°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang keluarga sebesar 25.78°C pada jam 13:00. Suhu minimum pada ruang keluarga sebesar 24.38°C pada jam 07:00. Penurunan maksimum sebesar 3.91°C dari ruang luar pada jam 16:00. Penurunan minimum sebesar 0.45°C dari ruang luar pada jam 09:00. Penggunaan material balsa pada atap sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

2. Alternatif 2 (Atap Genteng Tanah Liat dan Dinding Balsa)



Gambar 4. 30. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa dinding)

a. Teras

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.5°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.66°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada teras sebesar 28.15°C pada jam 12:00. Suhu minimum pada teras sebesar 24.36°C pada jam 19:00. Penurunan maksimum sebesar 3.88°C pada jam 18:00 dari ruang luar. Suhu teras mengalami

kenaikan suhu pada jam 08:00 - 12:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 0.88°C dari ruang luar pada jam 10:00. Penggunaan material balsa pada dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

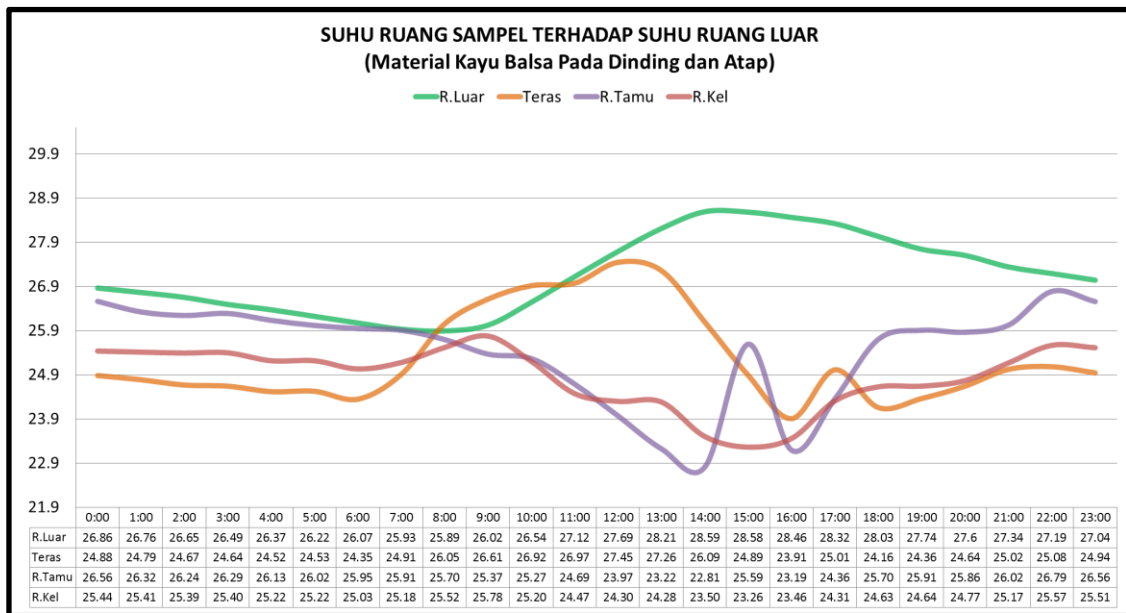
b. Ruang Tamu

Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.68°C . Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.48°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang tamu sebesar 26.1°C pada jam 18:00. Suhu minimum pada ruang tamu sebesar 23.32°C pada jam 13:00. Penurunan maksimum sebesar 5.58°C dari ruang luar pada jam 14:00. Suhu ruang tamu mengalami kenaikan pada jam 03:00 - 06:00 kenaikan sebesar 0.3°C dari ruang luar pada jam 05:00. Penggunaan material balsa pada dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

c. Ruang Keluarga

Suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 25.1°C . Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 2.06°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang keluarga sebesar 25.97°C pada jam 22:00. Suhu minimum pada ruang keluarga sebesar 23.66°C pada jam 15:00. Penurunan maksimum sebesar 4.92°C dari ruang luar pada jam 15:00. Penurunan minimum sebesar 0.46°C dari ruang luar pada jam 07:00. Penggunaan material balsa pada dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

3. Alternatif 3 (Atap Balsa dan Dinding Balsa)



Gambar 4. 31. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa)

a. Teras

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.27°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.88°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada teras sebesar 27.45°C pada jam 12:00. Suhu minimum pada teras sebesar 24.16°C pada jam 18:00. Penurunan maksimum sebesar 3.88°C pada jam 18:00 dari ruang luar. Suhu teras mengalami kenaikan suhu pada jam 08:00 - 10:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 0.59°C dari ruang luar pada jam 09:00. Penggunaan material balsa pada atap dan dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

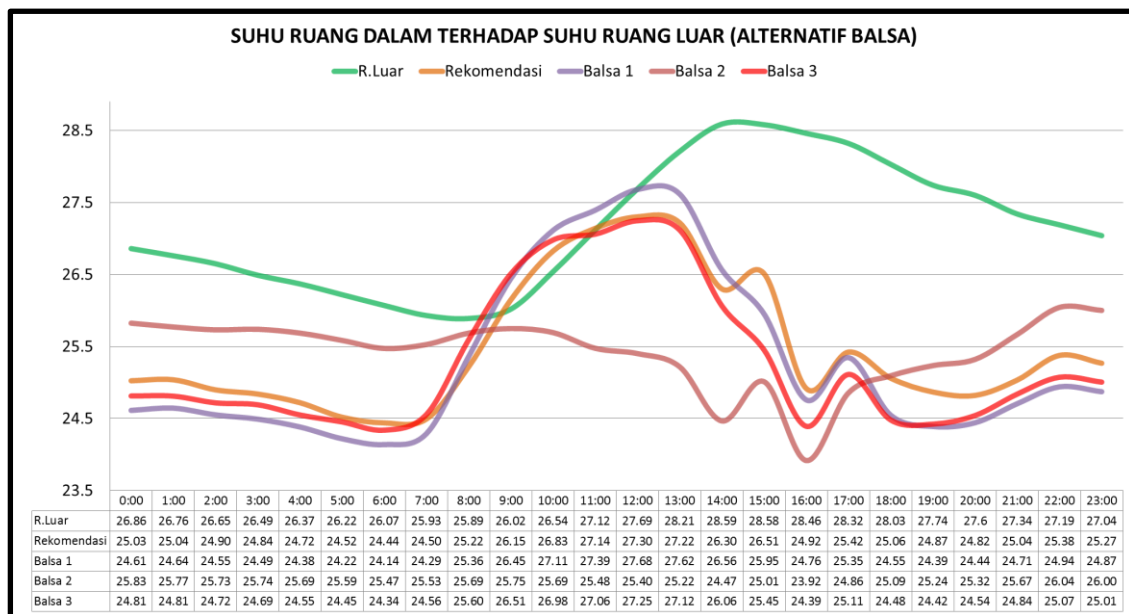
b. Ruang Tamu

Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.43°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.72°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang tamu sebesar 26.78°C pada jam 22:00. Suhu minimum pada ruang tamu sebesar 22.81°C pada jam 14:00. Penurunan maksimum sebesar 3.97°C dari ruang luar pada jam 17:00. Penurunan minimum sebesar 0.02°C dari ruang luar pada jam 07:00. Penggunaan material balsa pada atap dan dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

c. Ruang Keluarga

Suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 24.86°C . Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 2.3°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang keluarga sebesar 25.57°C pada jam 22:00. Suhu minimum pada ruang keluarga sebesar 23.26°C pada jam 15:00. Penurunan maksimum sebesar 5.32°C dari ruang luar pada jam 15:00. Penurunan minimum sebesar 0.25°C dari ruang luar pada jam 09:00. Penggunaan material balsa pada atap dan dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

4.8.2. Perbandingan Suhu Rekomendasi



Gambar 4. 32. Grafik suhu ruang dalam terhadap ruang luar (alternatif balsa)

Penurunan suhu rata-rata pada ruang dalam balsa 1 sebesar 0.16°C dari ruang dalam rekomendasi. Penurunan maksimum sebesar 0.56°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 15:00. Penurunan minimum sebesar 0.08°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 17:00. Suhu ruang dalam balsa 1 mengalami kenaikan suhu pada jam 08:00 - 14:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 0.4°C dari ruang dalam rekomendasi.

Penurunan suhu rata-rata pada ruang dalam balsa 2 sebesar 0.05°C dari ruang dalam rekomendasi. Kenaikan suhu ruang dalam balsa 2 terjadi pada jam 00:00 - 08:00 dan 18:00 - 23:00. Kenaikan suhu maksimum sebesar 1.07°C dari ruang dalam rekomendasi

pada jam 05:00. Penurunan maksimum sebesar 2°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 13:00. Penurunan minimum sebesar 0.4°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 09:00.

Penurunan suhu rata-rata pada ruang dalam balsa 3 sebesar 0.19°C dari ruang dalam rekomendasi. Penurunan maksimum sebesar 1.06°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 15:00. Penurunan minimum sebesar 0.05°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 12:00. Suhu ruang dalam bambu 3 mengalami kenaikan suhu pada jam 07:00 - 10:00. Kenaikan tertinggi sebesar 0.38°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 08:00. Kenaikan minimum sebesar 0.06°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 07:00.

Berdasarkan gambar grafik di atas maka dari penggunaan material balsa, alternatif balsa 2 lebih baik dalam menurunkan suhu bila dibandingkan suhu ruang dalam rekomendasi. Jadi penggunaan material balsa pada dinding lebih baik daripada penggunaan material batu bata.

4.8.3. Perhitungan OTTV dan RTTV

1. Alternatif 1 (Atap Balsa dan Dinding Bata)

a. OTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan OTTV, beberapa variabel dalam rumus OTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas dinding dan bukaan pada orientasi tertentu, nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi tertentu (WWR), nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w), nilai beda temperatur ekuivalen (T_{Dek}), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_f).

1) Luas bidang dinding, bukaan, dan total

Tabel 4. 99. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek balsa 1

Nama Bidang	Luas Bidang	Luas Bukaan	Luas Total
Dinding Depan	8.17	9.1	17.27
Dinding Belakang	24.16	2.1	26.26
Dinding Kiri	34.49	8.79	43.28
Dinding Kanan	34.49	8.79	43.28

2) Nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding (WWR)

Tabel 4. 100. Nilai WWR pada objek balsa 1

Nama Bidang	Luas Bukaan	Luas Total	Nilai WWR
Dinding Depan	9.1	17.27	0.53
Dinding Belakang	2.1	26.26	0.08
Dinding Kiri	8.79	43.28	0.20
Dinding Kanan	8.79	43.28	0.20

3) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 101. Nilai radiasi matahari pada objek balsa 1

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Dinding Depan	0.89	0.3	0.595
Dinding Belakang	0.89	0.3	0.595
Dinding Kiri	0.89	0.3	0.595
Dinding Kanan	0.89	0.3	0.595

4) Nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w)Tabel 4. 102. Nilai U_w pada objek balsa 1

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	U_w
Dinding Depan	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Belakang	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Kiri	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36
Dinding Kanan	0.04	0.12	0.3	0.52	0.58	0.74	1.36

5) Nilai beda temperatur ekuivalen (TDek)

Tabel 4. 103. Nilai TDek dinding pada objek balsa 1

Nama Bidang	Density	Tdek
Dinding Depan	150	12
Dinding Belakang	150	12
Dinding Kiri	150	12
Dinding Kanan	150	12

6) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Tabel 4. 104. Nilai SC pada objek balsa 1

Nama Bidang	SCk	Ltakterteduhi	Lbukaan	SCef	SC
Dinding Depan	0.5	0	9.1	0.00	0.00
Dinding Belakang	0.5	2.1	2.1	1.00	0.50
Dinding Kiri	0.5	0	8.79	0.00	0.00
Dinding Kanan	0.5	0	8.79	0.00	0.00

7) Nilai radiasi matahari dari arah hadap (SF)

Tabel 4. 105. Nilai SF pada objek balsa 1

Nama Bidang	Arah Hadap	SF
Dinding Depan	Barat Daya	176
Dinding Belakang	Timur Laut	113
Dinding Kiri	Barat Laut	211
Dinding Kanan	Tenggara	112

8) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Uf)

Tabel 4. 106. Nilai Uf pada objek balsa 1

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	Uf
Dinding Depan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Belakang	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kiri	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kanan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00

9) Nilai OTTV

Tabel 4. 107. Perhitungan nilai OTTV objek balsa 1

Nama Bidang	WWR	α	Uw	TDek	SC	SF	Uf	A	OTTV
Dinding Depan	0.53	0.595	1.36	12	0.00	176	3.00	17.27	215.854
Dinding Belakang	0.08	0.595	1.36	12	0.50	113	3.00	26.26	384.280
Dinding Kiri	0.20	0.595	1.36	12	0.00	211	3.00	43.28	466.210
Dinding Kanan	0.20	0.595	1.36	12	0.00	112	3.00	43.28	466.210
TOTAL								130.09	1532.554
NILAI OTTV (<i>Overall Thermal Transfer Value</i>)									11.781

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada dinding luar bangunan (OTTV) adalah nilai total OTTV tiap dinding luar dibagi luas total dinding luar. Nilai OTTV pada objek balsa 1 adalah 11.781 Watt/m². Sehingga bangunan objek balsa 1 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (SNI 03-6389-2000).

b. RTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan RTTV, beberapa variabel dalam rumus RTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas bidang atap tak tembus cahaya dan tembus cahaya, nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s).

1) Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Tabel 4. 108. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Nama Bidang	Luas Tak Tembus Cahaya	Luas Tembus Cahaya	Luas Total
Atap	141.7	0	141.7

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada atap bangunan (RTTV) adalah nilai total RTTV tiap atap dibagi luas total atap. Nilai RTTV pada objek balsa 1 adalah 8.16 Watt/m². Sehingga bangunan objek balsa 1 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (standar SNI 03-6389-2000).

2. Alternatif 2 (Atap Genteng Tanah Liat dan Dinding Balsa)

a. OTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan OTTV, beberapa variabel dalam rumus OTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas dinding dan bukaan pada orientasi tertentu, nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi tertentu (WWR), nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_f).

1) Luas bidang dinding, bukaan, dan total

Tabel 4. 114. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek balsa 2

Nama Bidang	Luas Bidang	Luas Bukaan	Luas Total
Dinding Depan	8.17	9.1	17.27
Dinding Belakang	24.16	2.1	26.26
Dinding Kiri	34.49	8.79	43.28
Dinding Kanan	34.49	8.79	43.28

2) Nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding (WWR)

Tabel 4. 115. Nilai WWR pada objek balsa 2

Nama Bidang	Luas Bukaan	Luas Total	Nilai WWR
Dinding Depan	9.1	17.27	0.53
Dinding Belakang	2.1	26.26	0.08
Dinding Kiri	8.79	43.28	0.20
Dinding Kanan	8.79	43.28	0.20

3) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 116. Nilai radiasi matahari pada objek balsa 2

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Dinding Depan	0.78	0.58	0.68
Dinding Belakang	0.78	0.58	0.68
Dinding Kiri	0.78	0.58	0.68
Dinding Kanan	0.78	0.58	0.68

4) Nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w)Tabel 4. 117. Nilai U_w pada objek balsa 2

Nama Bidang	R_{ul}	R_{up}	t	k	R_k	R_{total}	U_w
Dinding Depan	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32
Dinding Belakang	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32
Dinding Kiri	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32
Dinding Kanan	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32

5) Nilai beda temperatur ekuivalen (T_{Dek})Tabel 4. 118. Nilai T_{Dek} dinding pada objek balsa 2

Nama Bidang	Density	Tdek
Dinding Depan	13	15
Dinding Belakang	13	15
Dinding Kiri	13	15
Dinding Kanan	13	15

6) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Tabel 4. 119. Nilai SC pada objek balsa 2

Nama Bidang	S_{Ck}	L_{takterteduhi}	L_{bukaan}	S_{Cef}	SC
Dinding Depan	0.5	0	9.1	0.00	0.00
Dinding Belakang	0.5	2.1	2.1	1.00	0.50
Dinding Kiri	0.5	0	8.79	0.00	0.00
Dinding Kanan	0.5	0	8.79	0.00	0.00

7) Nilai radiasi matahari dari arah hadap (SF)

Tabel 4. 120. Nilai SF pada objek balsa 2

Nama Bidang	Arah Hadap	SF
Dinding Depan	Barat Daya	176
Dinding Belakang	Timur Laut	113
Dinding Kiri	Barat Laut	211
Dinding Kanan	Tenggara	112

8) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Uf)

Tabel 4. 121. Nilai Uf pada objek balsa 2

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	Uf
Dinding Depan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Belakang	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kiri	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kanan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00

9) Nilai OTTV

Tabel 4. 122. Perhitungan nilai OTTV objek balsa 2

Nama Bidang	WWR	α	Uw	TDek	SC	SF	Uf	A	OTTV
Dinding Depan	0.53	0.68	0.32	15	0.00	176	3.00	17.27	163.067
Dinding Belakang	0.08	0.68	0.32	15	0.50	113	3.00	26.26	228.180
Dinding Kiri	0.20	0.68	0.32	15	0.00	211	3.00	43.28	243.367
Dinding Kanan	0.20	0.68	0.32	15	0.00	112	3.00	43.28	243.367
TOTAL								130.09	877.981
NILAI OTTV (Overall Thermal Transfer Value)									6.749

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada dinding luar bangunan (OTTV) adalah nilai total OTTV tiap dinding luar dibagi luas total dinding luar. Nilai OTTV pada objek balsa 2 adalah 6.749 Watt/m². Sehingga bangunan objek balsa 2 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (SNI 03-6389-2000).

b. RTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan RTTV, beberapa variabel dalam rumus RTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas bidang atap tak tembus cahaya dan tembus cahaya,

nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s).

- 1) Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Tabel 4. 123. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Nama Bidang	Luas Tak Tembus Cahaya	Luas Tembus Cahaya	Luas Total
Atap	141.7	0	141.7

- 2) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 124. Nilai *absorbtansi* radiasi matahari pada objek balsa 2

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Atap	0.56	0.88	0.72

- 3) Nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r)

Tabel 4. 125. Nilai U_r pada objek balsa 2

Nama Bidang	Density	U_r
Atap	150	0.8

- 4) Nilai beda temperatur ekuivalen (TDek)

Tabel 4. 126. Nilai TDek atap pada objek balsa 2

Nama Bidang	Density	TDek
Atap	150	20

- 5) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Atap pada objek tidak terdapat *skylight* sehingga nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* adalah 0.

- 6) Nilai radiasi matahari(SF)

Nilai radiasi matahari pada atap sesuai ketentuan yaitu 316 Watt/m²

7) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s)Tabel 4. 127. Nilai U_s pada objek balsa 2

Nama Bidang	R _{ul}	R _{up}	t	k	R _k	R _{total}	U _s
Atap	0.04	0.29	0.05	1.15	0.043	0.373	2.678

8) Nilai RTTV

Tabel 4. 128. Perhitungan nilai RTTV objek balsa 2

Nama Bidang	α	Ar	As	Ur	TDek	SC	SF	U _s	A	RTTV
Atap	0.72	141.7	0	0.8	20	0	316	2.678	141.7	11.52
NILAI RTTV (Roof Thermal Transfer Value)										11.52

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada atap bangunan (RTTV) adalah nilai total RTTV tiap atap dibagi luas total atap. Nilai RTTV pada objek balsa 2 adalah 11.52 Watt/m². Sehingga bangunan objek balsa 2 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (standar SNI 03-6389-2000).

3. Alternatif 3 (Atap Balsa dan Dinding Balsa)

a. OTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan OTTV, beberapa variabel dalam rumus OTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas dinding dan bukaan pada orientasi tertentu, nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi tertentu (WWR), nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_f).

1) Luas bidang dinding, bukaan, dan total

Tabel 4. 129. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek balsa 3

Nama Bidang	Luas Bidang	Luas Bukaan	Luas Total
Dinding Depan	8.17	9.1	17.27
Dinding Belakang	24.16	2.1	26.26
Dinding Kiri	34.49	8.79	43.28
Dinding Kanan	34.49	8.79	43.28

2) Nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding (WWR)

Tabel 4. 130. Nilai WWR pada objek balsa 3

Nama Bidang	Luas Bukaan	Luas Total	Nilai WWR
Dinding Depan	9.1	17.27	0.53
Dinding Belakang	2.1	26.26	0.08
Dinding Kiri	8.79	43.28	0.20
Dinding Kanan	8.79	43.28	0.20

3) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 131. Nilai radiasi matahari pada objek balsa 3

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Dinding Depan	0.78	0.58	0.68
Dinding Belakang	0.78	0.58	0.68
Dinding Kiri	0.78	0.58	0.68
Dinding Kanan	0.78	0.58	0.68

4) Nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w)Tabel 4. 132. Nilai U_w pada objek balsa 3

Nama Bidang	R _{ul}	R _{up}	t	k	R _k	R _{total}	U _w
Dinding Depan	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32
Dinding Belakang	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32
Dinding Kiri	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32
Dinding Kanan	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32

5) Nilai beda temperatur ekuivalen (TDek)

Tabel 4. 133. Nilai TDek dinding pada objek balsa 3

Nama Bidang	Density	Tdek
Dinding Depan	13	15
Dinding Belakang	13	15
Dinding Kiri	13	15
Dinding Kanan	13	15

6) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Tabel 4. 134. Nilai SC pada objek balsa 3

Nama Bidang	SCK	Ltakterteduhi	Lbukaan	SCef	SC
Dinding Depan	0.5	0	9.1	0.00	0.00
Dinding Belakang	0.5	2.1	2.1	1.00	0.50
Dinding Kiri	0.5	0	8.79	0.00	0.00
Dinding Kanan	0.5	0	8.79	0.00	0.00

7) Nilai radiasi matahari dari arah hadap (SF)

Tabel 4. 135. Nilai SF pada objek balsa 3

Nama Bidang	Arah Hadap	SF
Dinding Depan	Barat Daya	176
Dinding Belakang	Timur Laut	113
Dinding Kiri	Barat Laut	211
Dinding Kanan	Tenggara	112

8) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Uf)

Tabel 4. 136. Nilai Uf pada objek balsa 3

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	Uf
Dinding Depan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Belakang	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kiri	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kanan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00

9) Nilai OTTV

Tabel 4. 137. Perhitungan nilai OTTV objek balsa 3

Nama Bidang	WWR	α	Uw	TDek	SC	SF	Uf	A	OTTV
Dinding Depan	0.53	0.68	0.32	15	0.00	176	3.00	17.27	163.067
Dinding Belakang	0.08	0.68	0.32	15	0.50	113	3.00	26.26	228.180
Dinding Kiri	0.20	0.68	0.32	15	0.00	211	3.00	43.28	243.367
Dinding Kanan	0.20	0.68	0.32	15	0.00	112	3.00	43.28	243.367
TOTAL								130.09	877.981
NILAI OTTV (<i>Overall Thermal Transfer Value</i>)									6.749

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada dinding luar bangunan (OTTV) adalah nilai total OTTV tiap dinding luar dibagi luas total dinding luar. Nilai OTTV pada objek balsa 3 adalah 6.749 Watt/m². Sehingga bangunan objek balsa 3 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (SNI 03-6389-2000).

b. RTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan RTTV, beberapa variabel dalam rumus RTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas bidang atap tak tembus cahaya dan tembus cahaya, nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s).

1) Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Tabel 4. 138. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Nama Bidang	Luas Tak Tembus Cahaya	Luas Tembus Cahaya	Luas Total
Atap	141.7	0	141.7

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada atap bangunan (RTTV) adalah nilai total RTTV tiap atap dibagi luas total atap. Nilai RTTV pada objek balsa 3 adalah 11.52 Watt/m². Sehingga bangunan objek balsa 3 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (standar SNI 03-6389-2000).

4.8.4.Perbandingan OTTV dan RTTV

Tabel 4. 144. Perbandingan nilai OTTV dan RTTV rekomendasi dengan alternatif balsa

Nama	Rekomendasi	Balsa 1	Balsa 2	Balsa 3
Nilai OTTV	11.781	11.781	6.749	6.749
Nilai RTTV	11.520	8.160	11.520	8.160
Total	11.645	9.893	9.236	7.485

Berdasarkan nilai total OTTV dan RTTV alternatif balsa 3 memiliki nilai terendah dibandingkan dengan rekomendasi, balsa 1, dan balsa 2. Jadi, dari segi OTTV dan RTTV alternatif balsa 3 lebih baik. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada objek alternatif balsa adalah warna bahan, jenis bahan, *density* bahan, dan *conductivity* bahan. Berikut penjabaran faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV objek alternatif balsa terhadap objek rekomendasi.

Tabel 4. 145. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada alternatif balsa

Nama Objek	Nama Bidang							
	Dinding				Atap			
	Warna	Bahan	Density	Conductivity	Warna	Bahan	Density	Conductivity
Rekomendasi	Putih Semi Kilap	Batu Bata	Batu Bata	Batu Bata	Coklat Tua	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat
	0.3	0.89	150	0.52	0.88	0.56	150	0.52
Balsa 1	Putih Semi Kilap	Batu Bata	Batu Bata	Batu Bata	Kuning medium	Balsa	Balsa	Balsa
	0.3	0.89	150	0.52	0.58	0.78	13	0.1
Balsa 2	Kuning Medium	Balsa	Balsa	Balsa	Coklat Tua	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat
	0.58	0.78	13	0.1	0.88	0.56	150	0.52
Balsa 3	Kuning Medium	Balsa	Balsa	Balsa	Kuning medium	Balsa	Balsa	Balsa
	0.58	0.78	13	0.1	0.58	0.78	13	0.1

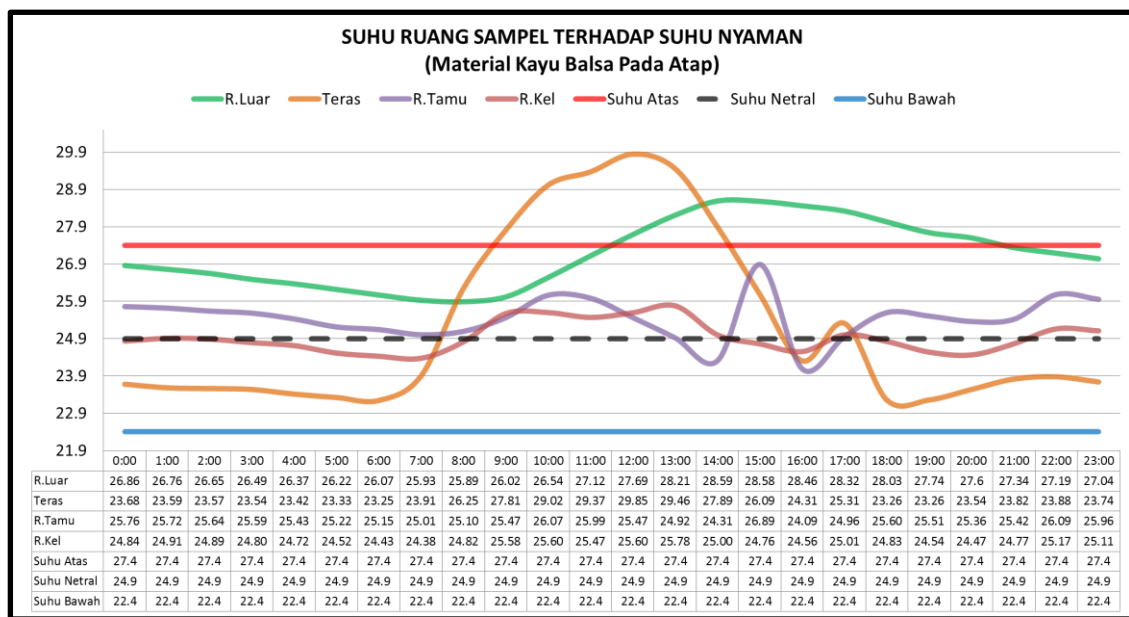
Faktor tersebut yang mempengaruhi nilai *absorbtansi* radiasi matahari, nilai beda temperatur ekuivalen, dan nilai *transmitansi thermal* pada bidang taktembus cahaya dalam perhitungan OTTV dan RTTV.

4.8.5. Analisis Hasil

1. Suhu Netral

Analisis ini bertujuan mengetahui pengaruh perubahan material selubung bangunan terhadap suhu ruang sampel dan untuk mengetahui berapa lama suhu ruang sampel berada pada suhu nyaman.

a. Alternatif 1 (Atap Balsa dan Dinding Bata)



Gambar 4. 33. Grafik pengaruh material atap (balsa)

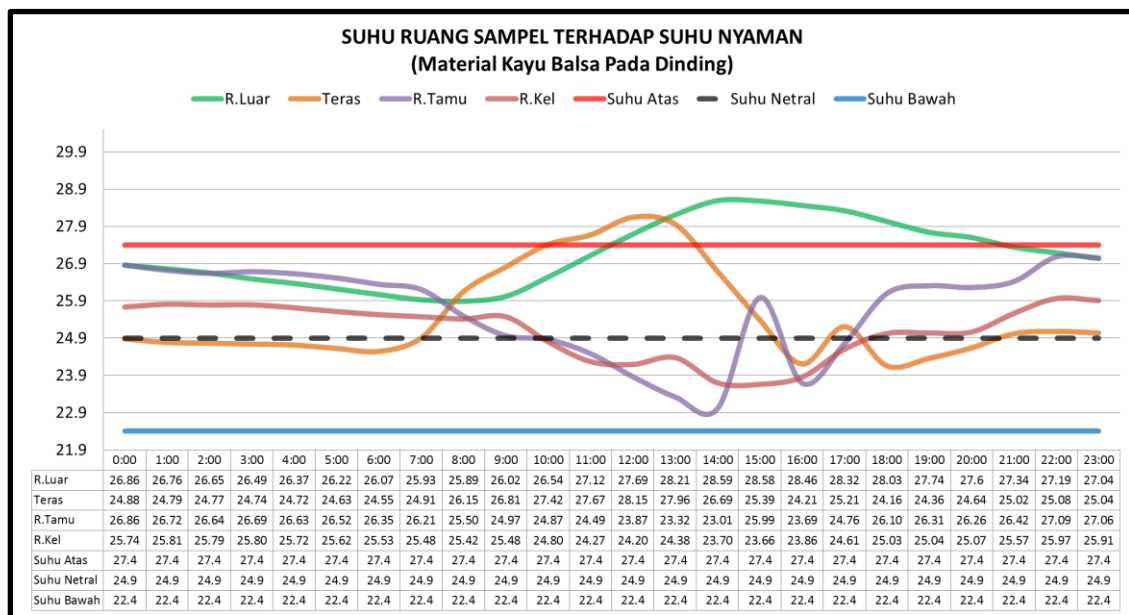
Suhu teras balsa 1 melewati batas nyaman atas pada jam 08:30 - 14:30. Suhu teras berada pada zona nyaman atas pada jam 07:30 - 08:30, 14:30 - 15:30, dan 16:30 - 17:30. Suhu teras juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 00:00 - 07:30, 15:30 - 16:30, dan 17:30 - 23:00. Jadi, suhu teras melewati zona nyaman atas selama 6 jam, berada pada zona nyaman atas selama 3 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 15 jam.

Suhu ruang tamu balsa 1 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang tamu berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 13:00, 14:30 - 15:30, dan 17:00 - 23:00. Suhu ruang tamu juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 13:00 - 14:00, dan 15:30 - 17:00. Jadi, suhu ruang tamu tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 21.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 2.5 jam.

Suhu ruang keluarga balsa 1 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang keluarga berada pada zona nyaman atas pada jam 00:30 - 01:30, 08:30 - 14:30, 16:30 - 17:30, dan 21:30 - 23:00. Suhu ruang keluarga juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 00:00 - 00:30, 14:30 - 16:30, dan 17:30 - 21:30. Jadi, suhu ruang keluarga tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 9.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 14.5 jam.

Berdasarkan penjabaran tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu rumah tinggal balsa 1 melewati batas atas zona nyaman selama 2 jam, berada pada zona nyaman atas selama 11.3 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 10.7 jam. Jadi penggunaan metrial balsa pada atap sudah dapat memaksimalkan dalam pencapaian suhu nyaman.

b. Alternatif 2 (Atap Genteng Tanah Liat dan Dinding Balsa)



Gambar 4. 34. Grafik pengaruh material dinding (balsa)

Suhu teras balsa 2 melewati batas nyaman atas pada jam 10:00 - 13:30. Suhu teras berada pada zona nyaman atas pada jam 07:00 - 10:00, 13:30 - 15:30, 16:30 - 17:30, dan 20:30 - 23:00. Suhu teras juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 00:00 - 07:00, 15:30 - 16:30, dan 17:30 - 20:30. Jadi, suhu teras melewati zona nyaman atas selama 3.5 jam, berada pada zona nyaman atas selama 9.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 11 jam.

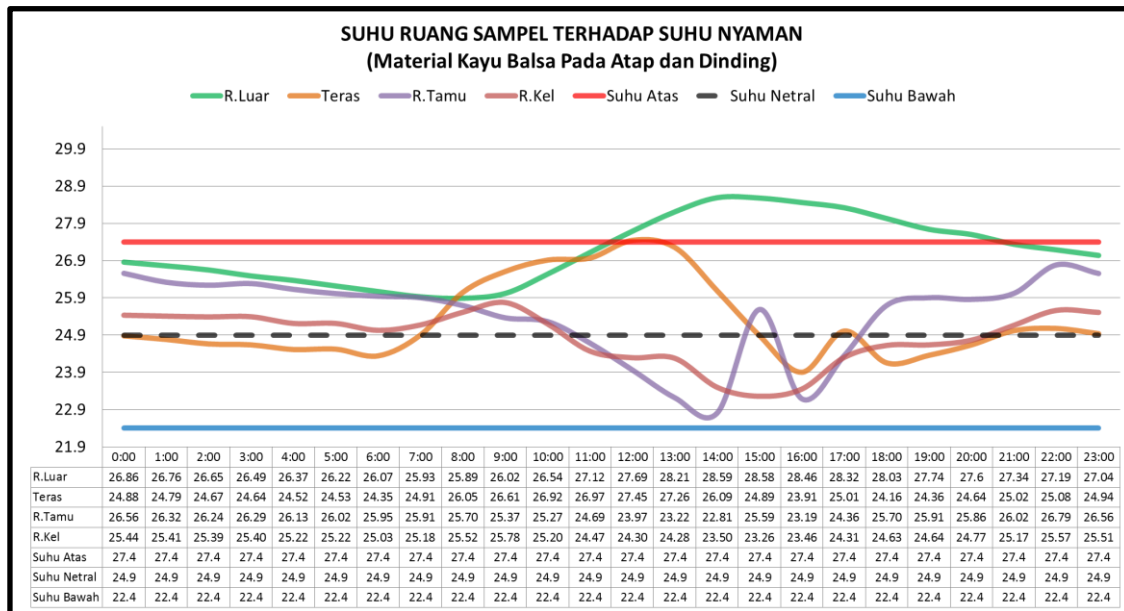
Suhu ruang tamu balsa 2 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang tamu berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 10:00, 14:30 - 15:30, dan 17:30 - 23:00. Suhu ruang tamu juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 10:00 - 14:30, dan 15:30 - 17:30. Jadi, suhu ruang tamu tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 17.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 6.5 jam.

Suhu ruang keluarga balsa 2 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang keluarga berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 10:00 dan 17:30 - 23:00. Suhu ruang keluarga juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 10:00 - 17:30. Jadi, suhu ruang keluarga tidak melewati batas atas zona

nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 16.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 7.5 jam.

Berdasarkan penjabaran tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu rumah tinggal balsa 2 melewati batas atas zona nyaman selama 1.2 jam, berada pada zona nyaman atas selama 14.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 8.3 jam. Jadi penggunaan metrial balsa pada dinding sudah dapat memaksimalkan dalam pencapaian suhu nyaman.

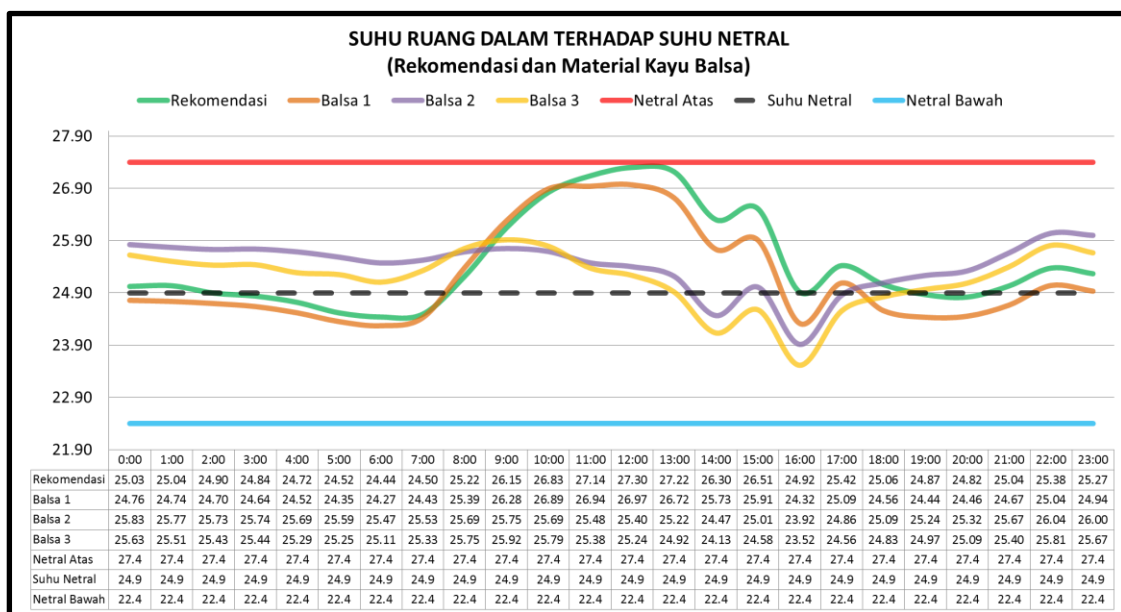
c. Alternatif 3 (Atap Balsa dan Dinding Balsa)



Gambar 4. 35. Grafik pengaruh material atap dan dinding (balsa)

Suhu teras balsa 3 melewati batas nyaman atas pada jam 11:00 - 12:30. Suhu teras berada pada zona nyaman atas pada jam 07:30 - 11:30, 12:30 - 15:00, 16:30 - 17:30, dan 20:30 - 23:00. Suhu teras juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 00:00 - 07:00, 15:30 - 16:30, dan 17:30 - 20:30. Jadi, suhu teras melewati zona nyaman atas selama 1 jam, berada pada zona nyaman atas selama 11.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 11.5 jam.

Suhu ruang tamu balsa 3 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang tamu berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 13:00, 14:00 - 15:30, dan 17:00 - 23:00. Suhu ruang tamu juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 13:00



Gambar 4. 36. Grafik pengaruh material atap dan dinding (balsa)

Berdasarkan grafik diatas suhu ruang pada balsa 3 (material balsa pada dinding dan atap) mengalami penurunan yang stabil. Sehingga penggunaan material balsa pada selubung bangunan lebih baik dibandingkan dengan material bata dan genting tanah liat.

Tabel 4. 146. *Thermal properties material* bahan alternatif balsa

Bahan bangunan	Gaya berat $\rho(\text{kg/m}^3)$	Kapasitas penyimpanan panas $c_p \text{ Wh/Kg K}$	Penyaluran panas $\lambda(\text{W/m K})$
Batu Bata	1500	0,26	0,52
Balsa	130	0.58	0.1

Penurunan suhu ini dipengaruhi kerapatan balsa lebih rendah dari bata, kapasitas penyimpanan panas pada balsa lebih tinggi dari bata, dan daya hantar panas pada balsa lebih rendah. Perubahan material dinding dengan kayu balsa lebih berpengaruh dari pada penggunaan material kayu balsa pada atap ataupun dinding dan atap dalam penurunan suhu maksimum.

4.9. Simulasi Material Kombinasi (Bambu dan Balsa)

Material bambu dan kayu balsa masing-masing memiliki keunggulan yang berbeda dalam menurunkan suhu ruang. Berdasarkan percobaan yang sudah dilakukan sebelumnya maka diperlukan inovasi dalam penggunaan kayu sebagai material selubung bangunan. Inovasi tersebut dapat diwujudkan dengan menggabungkan material yang lebih unggul dibandingkan bata dalam menurunkan suhu ruang dalam.

Tahap ini bertujuan mengetahui pengaruh penerapan alternatif material balsa dan bambu terhadap penurunan suhu tiap ruang. Pertama-tama memasukkan gambar perspektif (hasil olahan *software Google SketchUp 8 pro*). Lalu perubahan material atap dan dinding, pemilihan ruang yang akan di ukur, dan hasil simulasi diproyeksikan kenyataan dengan menggunakan persentase deviasi. Jadi, hasil simulasi alternatif penggunaan material balsa dan bambu adalah sebagai berikut.

1. Material kayu balsa untuk atap dan bambu untuk dinding.

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.35°C, Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.59°C, dan suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 25.05°C.

Tabel 4. 147. Hasil pengukuran simulasi

Jam	Teras			Ruang Tamu			Ruang Keluarga		
	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita
0	24.1	-0.28	24.38	26	-0.16	26.16	26.5	1.37	25.14
1	24	-0.28	24.29	25.9	-0.12	26.02	26.4	1.29	25.11
2	23.8	-0.37	24.17	25.7	-0.14	25.84	26.2	1.21	24.99
3	23.7	-0.44	24.14	25.5	-0.29	25.79	26	1.11	24.90
4	23.5	-0.51	24.02	25.4	-0.23	25.63	25.9	1.09	24.82
5	23.4	-0.53	23.93	25.3	-0.22	25.52	25.8	1.09	24.72
6	23.4	-0.45	23.85	25.2	-0.15	25.35	25.7	1.17	24.53
7	24.4	0.00	24.41	25.6	0.20	25.41	26	1.23	24.78
8	28.1	2.05	26.05	27	1.61	25.40	26.7	1.49	25.22
9	31.3	4.29	27.01	28.4	2.94	25.47	27.6	1.93	25.68
10	33.5	5.79	27.72	29.4	3.84	25.57	28.4	3.10	25.30
11	34.1	6.13	27.97	29.9	4.62	25.29	28.9	4.03	24.87
12	34.4	5.76	28.65	30.4	5.44	24.97	29.5	4.31	25.20
13	33.8	5.35	28.46	30.5	5.98	24.52	29.8	4.32	25.48
14	32.6	5.31	27.29	30.3	6.09	24.21	29.9	4.90	25.00
15	30.8	4.92	25.89	29.8	2.81	26.99	29.7	4.84	24.86
16	28.8	4.30	24.51	29.1	4.71	24.39	29.2	4.45	24.76
17	28.7	3.19	25.51	28.8	3.55	25.26	28.9	3.60	25.31
18	25.6	1.45	24.16	27.7	1.60	26.10	28.3	3.08	25.23
19	25.2	1.04	24.16	27.3	1.30	26.01	27.9	2.96	24.94
20	24.9	0.56	24.34	27	1.14	25.86	27.5	2.74	24.77
21	24.7	0.08	24.62	26.7	0.88	25.82	27.2	2.14	25.07
22	24.5	-0.08	24.58	26.5	0.02	26.49	27	1.64	25.37
23	24.2	-0.24	24.44	26.1	-0.05	26.16	26.6	1.49	25.11
	Rata-rata		25.35	Rata-rata		25.59	Rata-rata		25.05

2. Material bambu untuk atap dan kayu balsa untuk dinding.

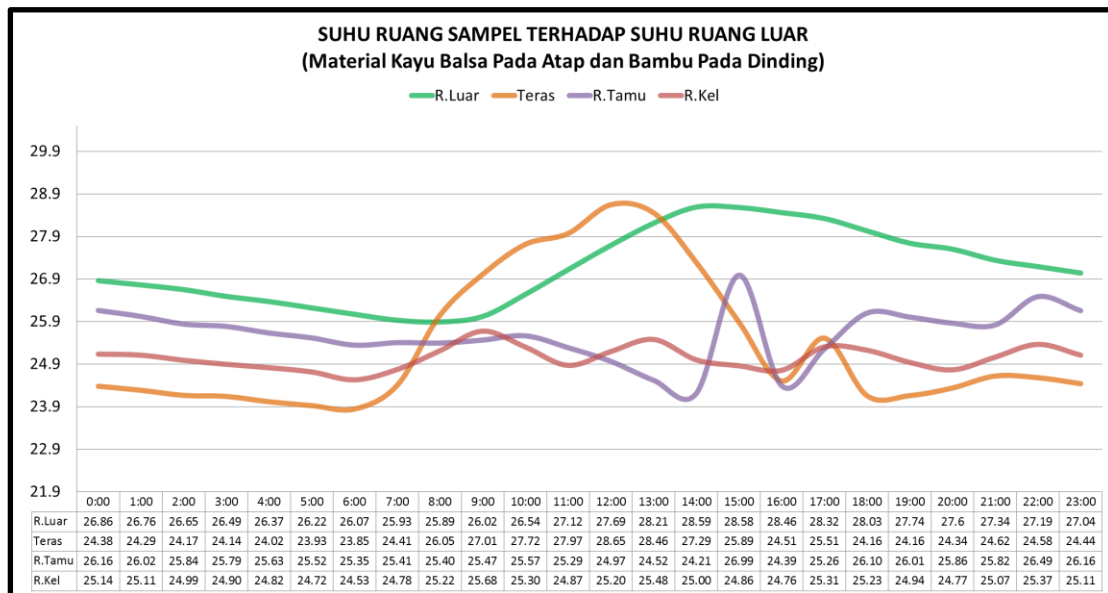
Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.19°C, Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.36°C, dan suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 24.80°C.

Tabel 4. 148. Hasil pengukuran simulasi

Jam	Teras			Ruang Tamu			Ruang Keluarga		
	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita	Simulasi	selisih	Realita
0	24.4	-0.28	24.68	26.3	-0.16	26.46	26.8	1.37	25.44
1	24.3	-0.28	24.59	26.3	-0.12	26.42	26.7	1.29	25.41
2	24.2	-0.37	24.57	26.2	-0.14	26.34	26.6	1.21	25.39
3	24.1	-0.44	24.54	26.1	-0.29	26.39	26.5	1.11	25.40
4	24	-0.51	24.52	26	-0.23	26.23	26.5	1.09	25.42
5	23.9	-0.53	24.43	25.9	-0.22	26.12	26.3	1.09	25.22
6	23.9	-0.45	24.35	25.8	-0.15	25.95	26.3	1.17	25.13
7	24.7	0.00	24.71	25.9	0.20	25.71	26.3	1.23	25.08
8	28.2	2.05	26.15	26.8	1.61	25.20	26.6	1.49	25.12
9	31	4.29	26.71	27.8	2.94	24.87	27.2	1.93	25.28
10	32.9	5.79	27.12	28.5	3.84	24.67	27.8	3.10	24.70
11	33.3	6.13	27.17	28.9	4.62	24.29	28.2	4.03	24.17
12	33.3	5.76	27.55	29.1	5.44	23.67	28.3	4.31	24.00
13	32.7	5.35	27.36	29.1	5.98	23.12	28.4	4.32	24.08
14	31.4	5.31	26.09	28.8	6.09	22.71	28.3	4.90	23.40
15	29.8	4.92	24.89	28.4	2.81	25.59	28.1	4.84	23.26
16	28	4.30	23.71	28	4.71	23.29	28	4.45	23.56
17	28.1	3.19	24.91	28	3.55	24.46	28	3.60	24.41
18	25.2	1.45	23.76	27.4	1.60	25.80	27.8	3.08	24.73
19	25.1	1.04	24.06	27.2	1.30	25.91	27.7	2.96	24.74
20	25	0.56	24.44	27.1	1.14	25.96	27.5	2.74	24.77
21	24.8	0.08	24.72	26.9	0.88	26.02	27.4	2.14	25.27
22	24.7	-0.08	24.78	26.8	0.02	26.79	27.3	1.64	25.67
23	24.5	-0.24	24.74	26.6	-0.05	26.66	27.1	1.49	25.61
	Rata-rata		25.19	Rata-rata		25.36	Rata-rata		24.80

4.9.1. Hasil Simulasi

1. Alternatif 1 (Atap Balsa dan Dinding Bambu)



Gambar 4. 37. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (balsa dan bambu)

a. Teras

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.35°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.8°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada teras sebesar 28.65°C pada jam 12:00. Suhu minimum pada teras sebesar 23.93°C pada jam 05:00. Penurunan maksimum sebesar 3.96°C pada jam 16:00 dari ruang luar. Suhu teras mengalami kenaikan suhu pada jam 08:00 - 13:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 1.18°C dari ruang luar pada jam 10:00. Penggunaan material balsa pada atap dan bambu pada dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

b. Ruang Tamu

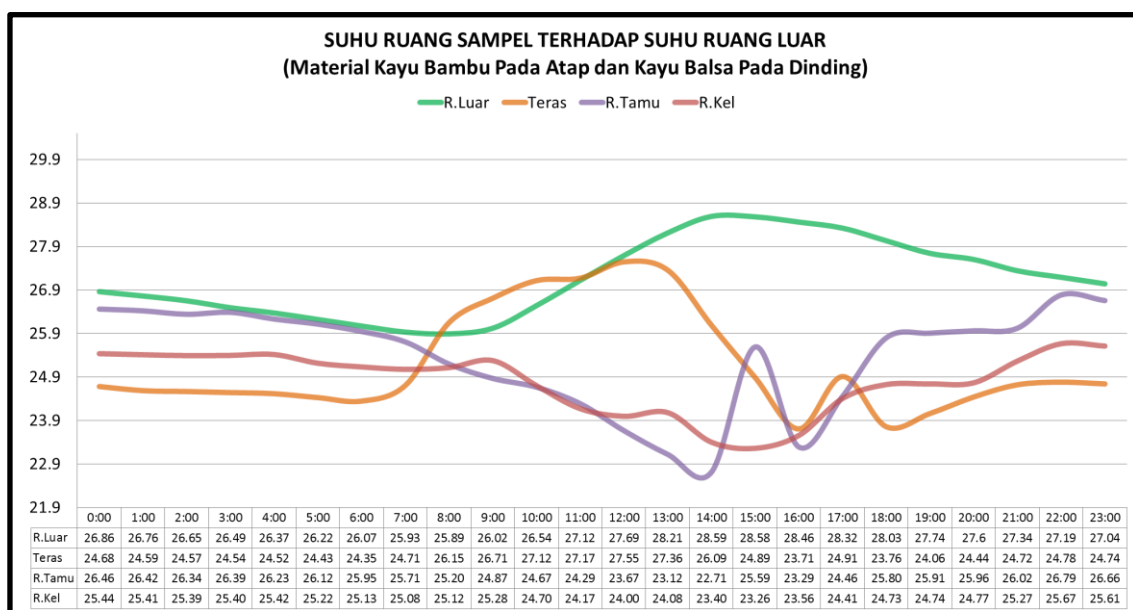
Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.59°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.56°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang tamu sebesar 26.99°C pada jam 13:00. Suhu minimum pada ruang tamu sebesar 24.21°C pada jam 14:00. Penurunan maksimum sebesar 4.07°C dari ruang luar pada jam 16:00. Penurunan minimum sebesar 0.5°C dari ruang luar pada jam 08:00. Penggunaan

material balsa pada atap dan bambu pada dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

c. Ruang Keluarga

Suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 25.05°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 2.11°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang keluarga sebesar 25.48°C pada jam 13:00. Suhu minimum pada ruang keluarga sebesar 24.76°C pada jam 16:00. Penurunan maksimum sebesar 3.72°C dari ruang luar pada jam 15:00. Penurunan minimum sebesar 0.34°C dari ruang luar pada jam 09:00. Penggunaan material balsa pada atap dan bambu pada dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar meski belum maksimal.

2. Alternatif 2 (Atap Bambu dan Dinding Balsa)



Gambar 4. 38. Grafik suhu ruang sampel terhadap ruang luar (bambu dan balsa)

a. Teras

Suhu rata-rata pada teras sebesar 25.19°C. Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.97°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada teras sebesar 27.55°C pada jam 12:00. Suhu minimum pada teras sebesar 24.06°C pada jam 19:00. Penurunan maksimum sebesar 4.76°C pada jam 16:00 dari ruang luar. Suhu teras mengalami

kenaikan suhu pada jam 08:00 - 11:00 dan kenaikan tertinggi sebesar 0.69°C dari ruang luar pada jam 09:00. Penggunaan material bambu pada atap dan balsa pada dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar.

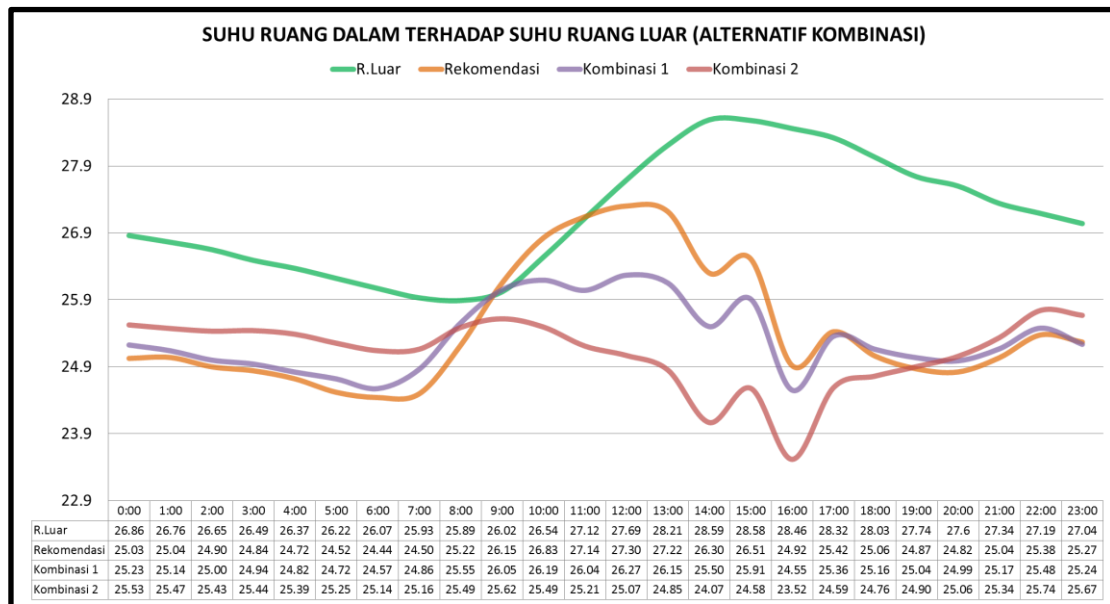
b. Ruang Tamu

Suhu rata-rata pada ruang tamu sebesar 25.36°C . Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 1.8°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang tamu sebesar 26.79°C pada jam 22:00. Suhu minimum pada ruang tamu sebesar 22.71°C pada jam 14:00. Penurunan maksimum sebesar 5.88°C dari ruang luar pada jam 14:00. Penurunan minimum sebesar 0.1°C dari ruang luar pada jam 03:00. Penggunaan material bambu pada atap dan balsa dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar.

c. Ruang Keluarga

Suhu rata-rata pada ruang keluarga sebesar 24.8°C . Mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar 2.04°C dari ruang luar. Suhu maksimum pada ruang keluarga sebesar 25.67°C pada jam 22:00. Suhu minimum pada ruang keluarga sebesar 23.26°C pada jam 15:00. Penurunan maksimum sebesar 5.32°C dari ruang luar pada jam 15:00. Penurunan minimum sebesar 0.75°C dari ruang luar pada jam 09:00. Penggunaan material bambu pada atap dan balsa pada dinding sudah cukup dalam menurunkan suhu ruang luar.

4.9.2. Perbandingan Suhu Rekomendasi



Gambar 4. 39. Grafik suhu ruang dalam terhadap ruang luar (kombinasi)

Penurunan suhu rata-rata pada ruang dalam kombinasi 1 sebesar 0.15°C dari ruang dalam rekomendasi. Penurunan maksimum sebesar 1.1°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 11:00. Penurunan minimum sebesar 0.03°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 23:00. Suhu ruang dalam kombinasi 1 mengalami kenaikan suhu pada jam 00:00 - 08:00 dan 18:00 - 22:00. Kenaikan suhu tertinggi sebesar 0.37°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 07:00. Kenaikan suhu minimum sebesar 0.1°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 01:00 - 04:00, 18:00, dan 22:00

Penurunan suhu rata-rata pada ruang dalam kombinasi 2 sebesar 0.36°C dari ruang dalam rekomendasi. Kenaikan suhu ruang dalam kombinasi 2 terjadi pada jam 00:00 - 08:00 dan 19:00 - 23:00. Kenaikan suhu maksimum sebesar 0.7°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 06:00. Penurunan maksimum sebesar 2.37°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 13:00. Penurunan minimum sebesar 0.3°C dari ruang dalam rekomendasi pada jam 18:00.

Berdasarkan gambar grafik di atas maka dari penggunaan material kombinasi, alternatif kombinasi 2 lebih baik dalam menurunkan suhu bila dibandingkan suhu ruang dalam rekomendasi. Jadi penggunaan material bambu lebih baik daripada penggunaan

material genting tanah liat dan penggunaan balsa pada dinding lebih baik daripada penggunaan material batu bata.

4.9.3. Perhitungan OTTV dan RTTV

1. Alternatif 1 (Atap Balsa dan Dinding Bambu)

a. OTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan OTTV, beberapa variabel dalam rumus OTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas dinding dan bukaan pada orientasi tertentu, nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi tertentu (WWR), nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w), nilai beda temperatur ekuivalen (T_{Dek}), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_f).

1) Luas bidang dinding, bukaan, dan total

Tabel 4. 149. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	Luas Bidang	Luas Bukaan	Luas Total
Dinding Depan	8.17	9.1	17.27
Dinding Belakang	24.16	2.1	26.26
Dinding Kiri	34.49	8.79	43.28
Dinding Kanan	34.49	8.79	43.28

2) Nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding (WWR)

Tabel 4. 150. Nilai WWR pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	Luas Bukaan	Luas Total	Nilai WWR
Dinding Depan	9.1	17.27	0.53
Dinding Belakang	2.1	26.26	0.08
Dinding Kiri	8.79	43.28	0.20
Dinding Kanan	8.79	43.28	0.20

3) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 151. Nilai radiasi matahari pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Dinding Depan	0.78	0.58	0.68
Dinding Belakang	0.78	0.58	0.68
Dinding Kiri	0.78	0.58	0.68
Dinding Kanan	0.78	0.58	0.68

4) Nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w)Tabel 4. 152. Nilai U_w pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	U_w
Dinding Depan	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55
Dinding Belakang	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55
Dinding Kiri	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55
Dinding Kanan	0.04	0.12	0.3	0.18	1.67	1.83	0.55

5) Nilai beda temperatur ekuivalen (T_{Dek})Tabel 4. 153. Nilai T_{Dek} dinding pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	Density	T_{Dek}
Dinding Depan	60	15
Dinding Belakang	60	15
Dinding Kiri	60	15
Dinding Kanan	60	15

6) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Tabel 4. 154. Nilai SC pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	Sck	Ltakterteduhi	Lbukaan	SCef	SC
Dinding Depan	0.5	0	9.1	0.00	0.00
Dinding Belakang	0.5	2.1	2.1	1.00	0.50
Dinding Kiri	0.5	0	8.79	0.00	0.00
Dinding Kanan	0.5	0	8.79	0.00	0.00

7) Nilai radiasi matahari dari arah hadap (SF)

Tabel 4. 155. Nilai SF pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	Arah Hadap	SF
Dinding Depan	Barat Daya	176
Dinding Belakang	Timur Laut	113
Dinding Kiri	Barat Laut	211
Dinding Kanan	Tenggara	112

8) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Uf)

Tabel 4. 156. Nilai Uf pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	R _{ul}	R _{up}	t	k	R _k	R _{total}	Uf
Dinding Depan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Belakang	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kiri	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kanan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00

9) Nilai OTTV

Tabel 4. 157. Perhitungan nilai OTTV objek kombinasi 1

Nama Bidang	WWR	α	U _w	TD _{ek}	SC	SF	Uf	A	OTTV
Dinding Depan	0.53	0.68	0.55	15	0.00	176	3.00	17.27	182.316
Dinding Belakang	0.08	0.68	0.55	15	0.50	113	3.00	26.26	285.103
Dinding Kiri	0.20	0.68	0.55	15	0.00	211	3.00	43.28	324.629
Dinding Kanan	0.20	0.68	0.55	15	0.00	112	3.00	43.28	324.629
TOTAL								130.09	1116.677
NILAI OTTV (Overall Thermal Transfer Value)									8.584

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada dinding luar bangunan (OTTV) adalah nilai total OTTV tiap dinding luar dibagi luas total dinding luar. Nilai OTTV pada objek kombinasi 1 adalah 8.584 Watt/m². Sehingga bangunan objek kombinasi 1 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (SNI 03-6389-2000).

b. RTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan RTTV, beberapa variabel dalam rumus RTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas bidang atap tak tembus cahaya dan tembus cahaya,

nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s).

- 1) Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Tabel 4. 158. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Nama Bidang	Luas Tak Tembus Cahaya	Luas Tembus Cahaya	Luas Total
Atap	141.7	0	141.7

- 2) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 159. Nilai *absorbtansi* radiasi matahari pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Atap	0.78	0.58	0.68

- 3) Nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r)

Tabel 4. 160. Nilai U_r pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	Density	U_r
Atap	13	0.5

- 4) Nilai beda temperatur ekuivalen (TDek)

Tabel 4. 161. Nilai TDek atap pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	Density	TDek
Atap	13	24

- 5) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Atap pada objek tidak terdapat *skylight* sehingga nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* adalah 0.

- 6) Nilai radiasi matahari (SF)

Nilai radiasi matahari pada atap sesuai ketentuan yaitu 316 Watt/m²

7) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s)Tabel 4. 162. Nilai U_s pada objek kombinasi 1

Nama Bidang	R_{ul}	R_{up}	t	k	R_k	R_{total}	U_s
Atap	0.04	0.29	0.05	1.15	0.043	0.373	2.678

8) Nilai RTTV

Tabel 4. 163. Perhitungan nilai RTTV objek kombinasi 1

Nama Bidang	α	A_r	A_s	U_r	$TDek$	SC	SF	U_s	A	RTTV
Atap	0.68	141.7	0	0.5	24	0	316	2.678	141.7	8.16
NILAI RTTV (Roof Thermal Transfer Value)										8.16

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada atap bangunan (RTTV) adalah nilai total RTTV tiap atap dibagi luas total atap. Nilai RTTV pada objek penelitian adalah 8.16 Watt/m². Sehingga bangunan objek penelitian sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (standar SNI 03-6389-2000).

2. Alternatif 2 (Atap Bambu dan Dinding Balsa)

a. OTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan OTTV, beberapa variabel dalam rumus OTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas dinding dan bukaan pada orientasi tertentu, nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi tertentu (WWR), nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w), nilai beda temperatur ekuivalen ($TDek$), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_f).

1) Luas bidang dinding, bukaan, dan total

Tabel 4. 164. Luas bidang dinding, bukaan, dan total pada objek kombinasi 2

Nama Bidang	Luas Bidang	Luas Bukaan	Luas Total
Dinding Depan	8.17	9.1	17.27
Dinding Belakang	24.16	2.1	26.26
Dinding Kiri	34.49	8.79	43.28
Dinding Kanan	34.49	8.79	43.28

2) Nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding (WWR)

Tabel 4. 165. Nilai WWR pada objek kombinasi 2

Nama Bidang	Luas Bukaan	Luas Total	Nilai WWR
Dinding Depan	9.1	17.27	0.53
Dinding Belakang	2.1	26.26	0.08
Dinding Kiri	8.79	43.28	0.20
Dinding Kanan	8.79	43.28	0.20

3) Nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α)

Tabel 4. 166. Nilai radiasi matahari pada objek kombinasi 2

Nama Bidang	Bahan(α)	Warna(α)	Nilai radiasi(α)
Dinding Depan	0.78	0.58	0.68
Dinding Belakang	0.78	0.58	0.68
Dinding Kiri	0.78	0.58	0.68
Dinding Kanan	0.78	0.58	0.68

4) Nilai *transmitansi thermal* dinding tak tembus cahaya (U_w)Tabel 4. 167. Nilai U_w pada objek kombinasi 2

Nama Bidang	R _{ul}	R _{up}	t	k	R _k	R _{total}	U _w
Dinding Depan	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32
Dinding Belakang	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32
Dinding Kiri	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32
Dinding Kanan	0.04	0.12	0.3	0.1	3.00	3.16	0.32

5) Nilai beda temperatur ekuivalen (TDek)

Tabel 4. 168. Nilai TDek dinding pada objek kombinasi 2

Nama Bidang	Density	Tdek
Dinding Depan	13	15
Dinding Belakang	13	15
Dinding Kiri	13	15
Dinding Kanan	13	15

6) Nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC)

Tabel 4. 169. Nilai SC pada objek kombinasi 2

Nama Bidang	SCK	Ltakterteduhi	Lbukaan	SCef	SC
Dinding Depan	0.5	0	9.1	0.00	0.00
Dinding Belakang	0.5	2.1	2.1	1.00	0.50
Dinding Kiri	0.5	0	8.79	0.00	0.00
Dinding Kanan	0.5	0	8.79	0.00	0.00

7) Nilai radiasi matahari dari arah hadap(SF)

Tabel 4. 170. Nilai SF pada objek kombinasi 2

Nama Bidang	Arah Hadap	SF
Dinding Depan	Barat Daya	176
Dinding Belakang	Timur Laut	113
Dinding Kiri	Barat Laut	211
Dinding Kanan	Tenggara	112

8) Nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (Uf)

Tabel 4. 171. Nilai Uf pada objek kombinasi 2

Nama Bidang	Rul	Rup	t	k	Rk	Rtotal	Uf
Dinding Depan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Belakang	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kiri	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00
Dinding Kanan	0.04	0.29	0.003	1.05	0.0029	0.33	3.00

9) Nilai OTTV

Tabel 4. 172. Perhitungan nilai OTTV objek kombinasi 2

Nama Bidang	WWR	α	Uw	TDek	SC	SF	Uf	A	OTTV
Dinding Depan	0.53	0.68	0.32	15	0.00	176	3.00	17.27	163.067
Dinding Belakang	0.08	0.68	0.32	15	0.50	113	3.00	26.26	228.180
Dinding Kiri	0.20	0.68	0.32	15	0.00	211	3.00	43.28	243.367
Dinding Kanan	0.20	0.68	0.32	15	0.00	112	3.00	43.28	243.367
TOTAL								130.09	877.981
NILAI OTTV (<i>Overall Thermal Transfer Value</i>)									6.749

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada dinding luar bangunan (OTTV) adalah nilai total OTTV tiap dinding luar dibagi luas total dinding luar. Nilai OTTV pada objek kombinasi 2 adalah 6.749 Watt/m². Sehingga bangunan objek kombinasi 2 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (SNI 03-6389-2000).

b. RTTV

Sebelum masuk dalam tahap perhitungan RTTV, beberapa variabel dalam rumus RTTV harus ditentukan di awal perhitungan agar memudahkan dalam perhitungan. Nilai variabel tersebut adalah luas bidang atap tak tembus cahaya dan tembus cahaya, nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r), nilai beda temperatur ekuivalen (TDek), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), nilai radiasi matahari (SF), dan nilai *transmitansi thermal fenestrasi* (U_s).

1) Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Tabel 4. 173. Luas bidang atap tak tembus cahaya, tembus cahaya, dan total

Nama Bidang	Luas Tak Tembus Cahaya	Luas Tembus Cahaya	Luas Total
Atap	141.7	0	141.7

Nilai perpindahan kalor menyeluruh pada atap bangunan (RTTV) adalah nilai total RTTV tiap atap dibagi luas total atap. Nilai RTTV pada objek kombinasi 2 adalah 10.88 Watt/m². Sehingga bangunan objek kombinasi 2 sudah berhasil dalam upaya konservasi energi karena dibawah 45 Watt/m² (standar SNI 03-6389-2000).

4.9.4. Perbandingan OTTV dan RTTV

Perbandingan nilai OTTV dan RTTV rekomendasi dengan alternatif balsa

Nama	Rekomendasi	Kombinasi 1	Kombinasi 2
Nilai OTTV	11.781	8.584	6.749
Nilai RTTV	11.520	8.160	10.880
Total	11.645	8.363	8.903

Berdasarkan nilai total OTTV dan RTTV alternatif kombinasi 1 memiliki nilai terendah dibandingkan dengan rekomendasi dan kombinasi 2. Jadi, dari segi OTTV dan RTTV alternatif kombinasi 1 lebih baik. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada objek alternatif kombinasi adalah warna bahan, jenis bahan, *density* bahan, dan *conductivity* bahan. Berikut penjabaran faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV objek alternatif kombinasi terhadap objek rekomendasi.

Tabel 4. 179. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV pada alternatif balsa

Nama Objek	Nama Bidang							
	Dinding				Atap			
	Warna	Bahan	Density	Conductivity	Warna	Bahan	Density	Conductivity
Rekomendasi	Putih Semi Kilap	Batu Bata	Batu Bata	Batu Bata	Coklat Tua	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat	Genting Tanah Liat
	0.3	0.89	150	0.52	0.88	0.56	150	0.52
Kombinasi 1	Kuning Medium	Bambu	Bambu	Bambu	Kuning medium	Balsa	Balsa	Balsa
	0.58	0.78	60	0.18	0.58	0.78	13	0.1
Kombinasi 2	Kuning Medium	Balsa	Balsa	Balsa	Kuning Medium	Bambu	Bambu	Bambu
	0.58	0.78	13	0.1	0.58	0.78	60	0.18

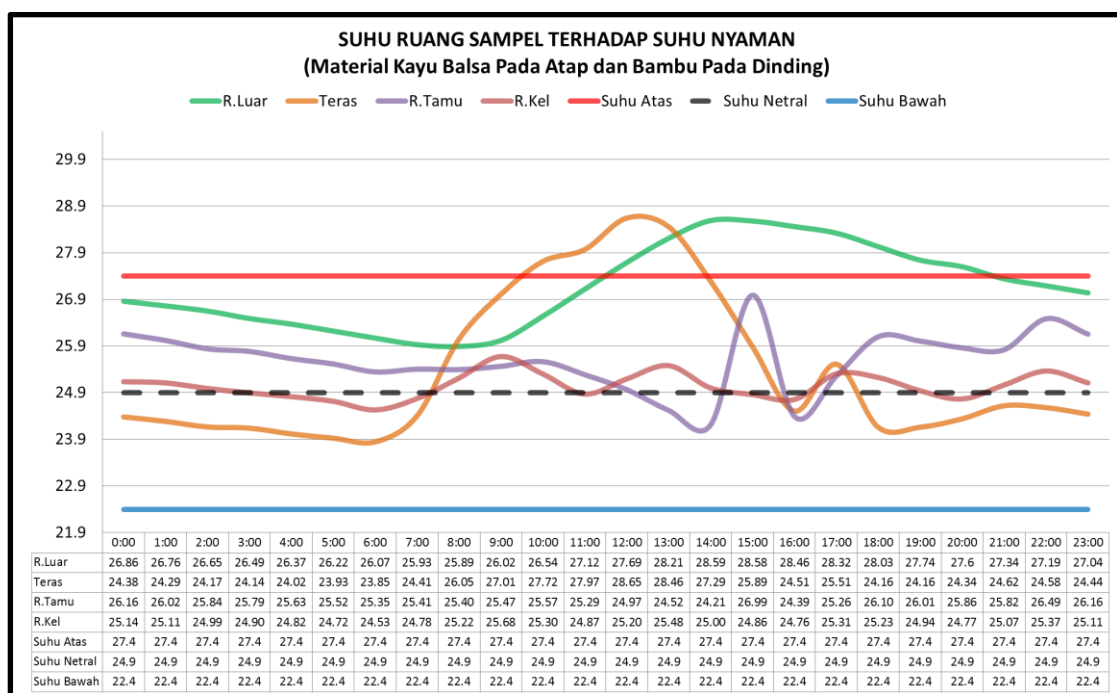
Faktor tersebut yang mempengaruhi nilai *absorbtansi* radiasi matahari, nilai beda temperatur ekuivalen, dan nilai *transmitansi thermal* pada bidang taktembus cahaya dalam perhitungan OTTV dan RTTV.

4.9.5. Analisis Hasil

1. Suhu Netral

Analisis ini bertujuan mengetahui pengaruh perubahan material selubung bangunan terhadap suhu ruang sampel dan untuk mengetahui berapa lama suhu ruang sampel berada pada suhu nyaman.

a. Alternatif 1 (Atap Balsa dan Dinding Bambu)



Gambar 4. 40. Grafik pengaruh material kombinasi (balsa dan bambu)

Suhu teras kombinasi 1 melewati batas nyaman atas pada jam 09:30 - 13:30. Suhu teras berada pada zona nyaman atas pada jam 07:30 - 09:30, 13:30 - 15:30, dan 16:30 - 17:30. Suhu teras juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 00:00 - 07:30, 15:30 - 16:30, dan 17:30 - 23:00. Jadi, suhu teras melewati zona nyaman atas selama 4 jam, berada pada zona nyaman atas selama 6 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 14 jam.

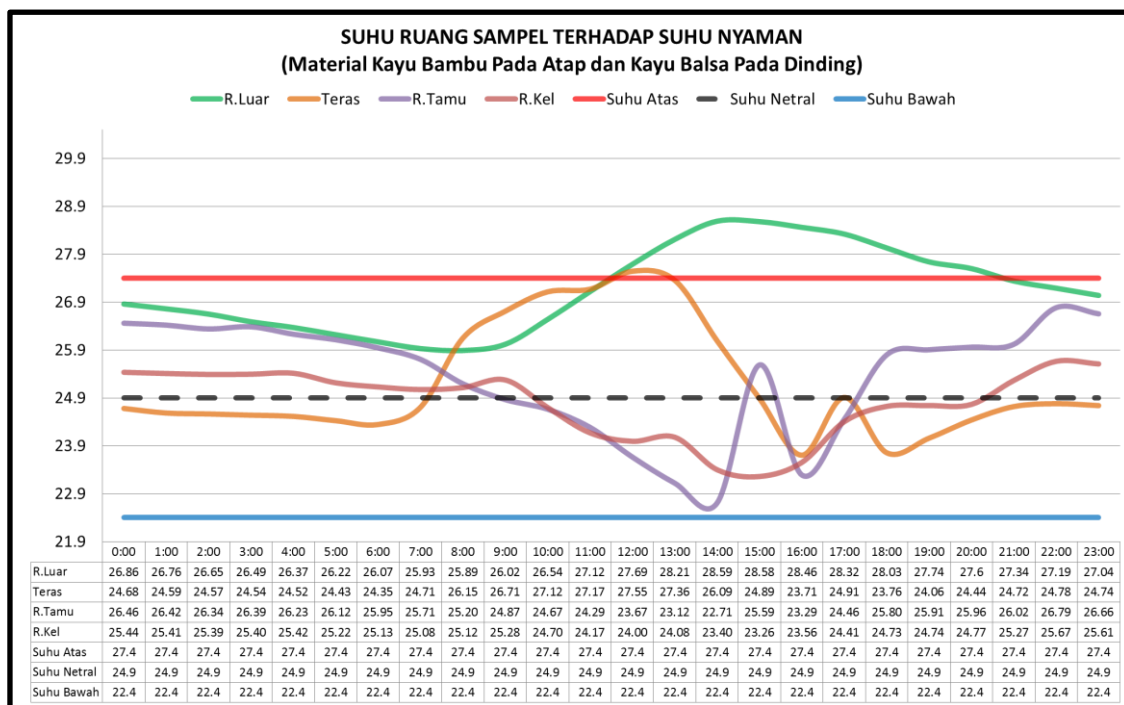
Suhu ruang tamu kombinasi 1 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang tamu berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 12:00, 14:00 - 16:00, dan 17:00 - 23:00. Suhu ruang tamu juga berada pada zona nyaman bawah pada jam

12:00 - 14:00, dan 16:00 - 17:00. Jadi, suhu ruang tamu tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 21 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 3 jam.

Suhu ruang keluarga kombinasi 1 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang keluarga berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 03:30 dan 07:30 - 16:30. Suhu ruang keluarga juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 03:30 - 07:30 dan 16:30 - 23:00. Jadi, suhu ruang keluarga tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 12.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 11.5 jam.

Berdasarkan penjabaran tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu rumah tinggal kombinasi 1 melewati batas atas zona nyaman selama 1.3 jam, berada pada zona nyaman atas selama 13.2 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 9.5 jam. Jadi penggunaan material balsa pada atap dan bambu pada dinding sudah dapat memaksimalkan dalam pencapaian suhu nyaman.

b. Alternatif 2 (Atap Bambu dan Dinding Balsa)



Gambar 4. 41. Grafik pengaruh material kombinasi (bambu dan balsa)

Suhu teras kombinasi 2 melewati batas nyaman atas pada jam 11:30 - 13:00. Suhu teras berada pada zona nyaman atas pada jam 07:00-11:30, 13:30 - 15:30, dan 16:30 - 17:30. Suhu teras juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 00:00 - 07:00, 15:00-16:30, dan 17:30 - 23:00. Jadi, suhu teras melewati zona nyaman atas selama 1.5 jam, berada pada zona nyaman atas selama 7.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 15 jam.

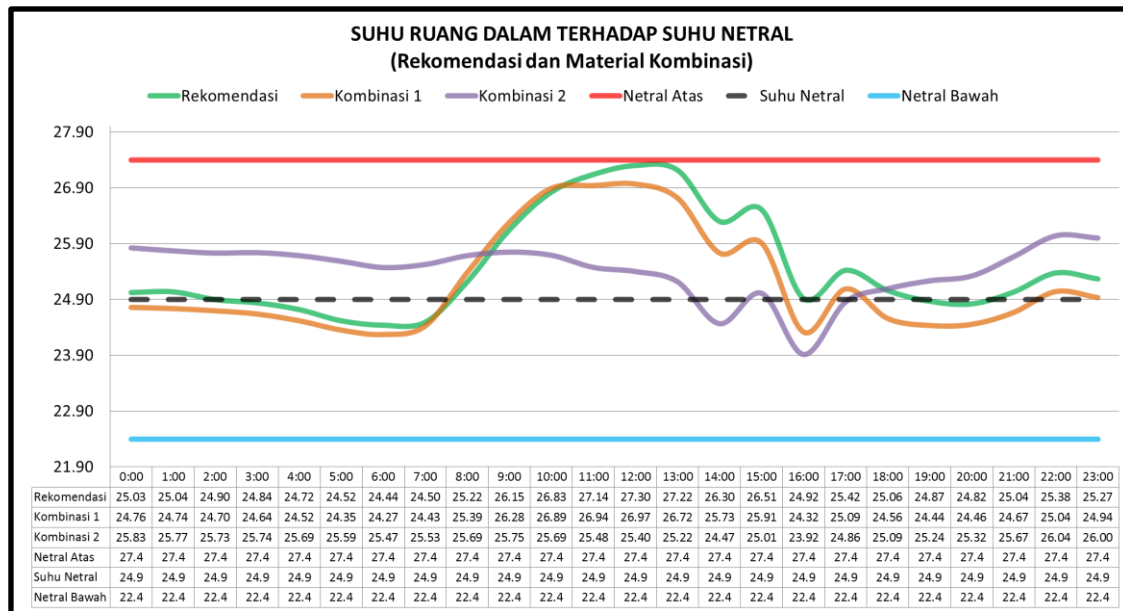
Suhu ruang tamu kombinasi 2 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang tamu berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 09:00, 14:30 - 15:30, dan 17:30 - 23:00. Suhu ruang tamu juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 09:00 - 14:30, dan 15:30 - 17:30. Jadi, suhu ruang tamu tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 16.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 7.5 jam.

Suhu ruang keluarga kombinasi 2 tidak melewati batas nyaman atas. Suhu ruang keluarga berada pada zona nyaman atas pada jam 00:00 - 09:30 dan 20:00 - 23:00. Suhu ruang keluarga juga berada pada zona nyaman bawah pada jam 09:30 - 20:30. Jadi, suhu ruang keluarga tidak melewati batas atas zona nyaman, berada pada zona nyaman atas selama 12.5 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 11.5 jam.

Berdasarkan penjabaran tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu rumah tinggal kombinasi 1 melewati batas atas zona nyaman selama 1.3 jam, berada pada zona nyaman atas selama 13.2 jam, dan berada pada zona nyaman bawah selama 9.5 jam. Jadi penggunaan material bambu pada atap dan balsa pada dinding sudah dapat memaksimalkan dalam pencapaian suhu nyaman.

2. Thermal properties material

Analisis ini bertujuan mengetahui pengaruh *thermal properties material* terhadap suhu ruang sampel.



Gambar 4. 42. Grafik pengaruh material kombinasi (balsa dan bambu)

Berdasarkan grafik diatas suhu ruang dalam pada kombinasi 2 (material bambu pada atap dan balsa pada dinding) mengalami penurunan yang stabil. Sehingga penggunaan material balsa pada selubung bangunan lebih baik dibandingkan dengan material bata dan genting tanah liat.

Tabel 4. 180. *Thermal properties material* bahan alternatif kombinasi

Bahan bangunan	Gaya berat $\rho(\text{kg/m}^3)$	Kapasitas penyimpanan panas c_p Wh/Kg K	Penyaluran panas $\lambda(\text{W/m K})$
Batu Bata	1500	0,26	0,52
Bambu	600	0,78	0,18
Balsa	130	0.58	0.1

Penurunan suhu ini dipengaruhi kerapatan bambu dan balsa lebih rendah dari bata, kapasitas penyimpanan panas pada bambu dan balsa lebih tinggi dari bata, dan daya hantar panas pada bambu dan balsa lebih rendah. Perubahan material dinding dengan kayu balsa lebih berpengaruh dalam penurunan suhu daripada penggunaan material kayu balsa pada atap dan perubahan material bambu pada atap lebih

berpengaruh dalam penurunan suhu daripada penggunaan material bambu pada dinding.

4.10. Evaluasi Hasil

4.10.1. Penurunan Suhu

Penurunan suhu pada ruang dalam bangunan di pengaruhi oleh faktor lingkungan sekitar, selubung bangunan, dan material pada bangunan. Penelitian ini telah melakukan uji coba pada faktor selubung bangunan dan material bangunan. Berikut adalah evaluasi hasil uji coba.

1. Selubung Bangunan

Selubung bangunan adalah komponen yang tidak dapat dipisahkan, dan menjadi pelindung utama pada manusia didalamnya dari lingkungan luar. Selain menjadi pelindung selubung bangunan juga berpengaruh dalam menopang kenyamanan penghuni di dalamnya. Komponen selubung bangunan yaitu lantai, dinding, atap, bukaan, dan tritisan. Penelitian ini hanya berfokus pada dinding, atap dan bukaan. Hal ini dikarenakan lantai kurang berpengaruh dalam mendinginkan ruangan (lippsmeier, 1994). Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan sebelumnya berikut evaluasi hasil penelitian tentang selubung bangunan.

Tabel 4. 181. Selubung bangunan pada objek asli dan objek rekomendasi

Nama	Objek Asli	Objek Rekomendasi
Dinding	Tidak ada dinding pada teras	Penambahan dinding berongga pada teras
Atap	Tidak ada <i>plafond</i>	Penambahan <i>plafond</i> pada tiap ruang dalam
Bukaan	Tidak ada bukaan pada dinding samping	Penambahan angin-angin di dinding samping
Shading Device	Tidak ada <i>shading device</i> pada dinding samping	Penambahan <i>Shading Device</i> pada bukaan samping
Suhu Ruang Dalam	26.97°C	25.48°C
Penurunan rata-rata	0.19°C	1.68°C

Berdasarkan data diatas, perubahan selubung bangunan pada objek penelitian dapat menurunkan suhu ruang dalam sebesar 1.68°C.

2. Material Bangunan

Setiap material memiliki kemampuan dalam melawan panas yang mempengaruhi bangunan dan Rosenlund (2000) menyebutnya *thermal properties*. Kemampuan material dalam melawan panas dipengaruhi oleh tingkat kerapatan (*density*), daya penyimpanan panas (*specify heat*), dan daya penyaluran panas (*conductivity*). Berikut adalah hasil dan penjabaran masing-masing objek.

Tabel 4. 182. Selubung bangunan pada objek asli dan objek rekomendasi

Nama Objek		Atap				Dinding				Suhu
		Material	Den	SH	Kon	Material	Den	SH	Kon	R.Dalam
Eksisting		Tanah Liat	1500	0.26	0.52	Bata	1500	0.26	0.52	26.97
Rekomendasi		Tanah Liat	1500	0.26	0.52	Bata	1500	0.26	0.52	25.48
Bambu	alternatif 1	Bambu	600	0.78	0.18	Bata	1500	0.26	0.52	25.16
	alternatif 2	Tanah Liat	1500	0.26	0.52	Bambu	600	0.78	0.18	25.60
	alternatif 3	Bambu	600	0.78	0.18	Bambu	600	0.78	0.18	25.26
Balsa	alternatif 1	Balsa	130	0.58	0.1	Bata	1500	0.26	0.52	25.20
	alternatif 2	Tanah Liat	1500	0.26	0.52	Balsa	130	0.58	0.1	25.42
	alternatif 3	Balsa	130	0.58	0.1	Balsa	130	0.58	0.1	25.19
Komb	alternatif 1	Balsa	130	0.58	0.1	Bambu	600	0.78	0.18	25.33
	alternatif 2	Bambu	600	0.78	0.18	Balsa	130	0.58	0.1	25.11

Tabel 4. 183. Perbandingan *thermal properties material*

Nama Objek		Perbandingan Atap dengan Dinding			Penurunan
		Den	SH	Kon	
Eksisting		=	=	=	0.18
Rekomendasi		=	=	=	1.67
Bambu	alternatif 1	<	>	<	1.99
	alternatif 2	>	<	>	1.55
	alternatif 3	=	=	=	1.89
Balsa	alternatif 1	<	>	<	1.95
	alternatif 2	>	<	>	1.73
	alternatif 3	=	=	=	1.96
Kombinasi	alternatif 1	<	<	</=	1.82
	alternatif 2	>	>	>/=	2.04

Berdasarkan evaluasi di atas, untuk mendapatkan penurunan suhu maksimal maka perbandingan material yang digunakan adalah *density* atap lebih besar dari *density* dinding, *specify heat* atap lebih besar dari *specify heat* dinding, dan *conductivity* atap lebih kecil/sama dengan *conductivity* dinding.

4.10.2. Suhu Netral

Suhu netral adalah suatu kondisi dimana manusia tidak merasakan panas atau dingin dengan rentang suhu 5°C dan besar suhu netral adalah 24.9°C (Nugroho,2009). Berikut adalah suhu ruang dalam yang mendekati suhu netral.

Tabel 4. 184. Suhu ruang dalam dengan suhu netral

Nama Objek		rata-rata ruang dalam	rata-rata maks	rata-rata min	selisih suhu netral	selisih suhu netral atas	selisih suhu netral bawah	Total
Eksisting		26.97	28.06	25.83	-2.07	-0.66	-3.43	-6.16
Rekomendasi		25.48	26.62	24.27	-0.58	0.78	-1.87	-1.67
Bambu	alternatif 1	25.16	27.67	23.91	-0.26	-0.27	-1.51	-2.04
	alternatif 2	25.60	27.63	24.34	-0.70	-0.23	-1.94	-2.86
	alternatif 3	25.26	26.94	24.08	-0.36	0.46	-1.68	-1.57
Balsa	alternatif 1	25.20	27.51	23.98	-0.30	-0.11	-1.58	-1.99
	alternatif 2	25.42	26.40	23.64	-0.52	1.00	-1.24	-0.76
	alternatif 3	25.19	26.67	23.23	-0.29	0.73	-0.83	-0.39
Kombi	alternatif 1	25.33	27.11	24.20	-0.43	0.29	-1.80	-1.93
	alternatif 2	25.11	26.67	23.23	-0.21	0.73	-0.83	-0.31

Untuk menguatkan hasil diperlukan sistem score terhadap durasi suhu ruang dalam tiap objek. Nilai minus 1 pada durasi suhu yang melewati suhu nyaman atas, nilai 2 pada durasi suhu yang berada pada suhu nyaman atas, dan nilai 3 pada durasi suhu yang berada pada suhu nyaman bawah. Pemberian nilai ini disebabkan manusia lebih nyaman dengan suhu ruang dalam yang rendah (asumsi). Penjabaran sistem skor sebagai berikut.

Tabel 4. 185. Skor durasi suhu ruang dalam dengan suhu netral

Nama Objek	Zona	>27.4	27.4 - 24.9	24.9 - 22.4	Rata >27.4	Rata 27.4 - 24.9	Rata 24.9 - 22.4	Skor
Eksisting	1	9	14	1	7.5	15.5	1.0	26.50
	2	7.5	15.5	1				
	3	6	17	1				
Rekomendasi	1	6	3	15	2	10.8	11.2	53.17
	2	0	11	13				
	3	0	18.5	5.5				
Bambu	Alternatif 1	1	5.5	4.5	1.8	14.0	8.2	50.67
		2	0	19				
		3	0	18.5				
	Alternatif 2	1	5.5	5.5	1.8	16.3	5.8	48.33
		2	0	20.5				
		3	0	23				
	Alternatif 3	1	5	4	1.7	13.7	8.7	51.67
		2	0	18				
		3	0	19				
Balsa	Alternatif 1	1	6	3	2.0	11.3	10.7	52.67
		2	0	21.5				
		3	0	9.5				
	Alternatif 2	1	3.5	9.5	1.2	14.5	8.3	52.83
		2	0	17.5				
		3	0	16.5				
	Alternatif 3	1	1	11.5	0.3	14.7	9.0	56.00
		2	0	18.5				
		3	0	14				
Kombinasi	Alternatif 1	1	4	6	1.3	13.2	9.5	53.50
		2	0	21				
		3	0	12.5				
	Alternatif 2	1	1.5	7.5	0.5	12.2	11.3	57.83
		2	0	16.5				
		3	0	12.5				

Keterangan : Berdasarkan asumsi

Suhu diatas nyaman atas = -1

Suhu nyaman atas = 2

Suhu nyaman bawah = 3

Berdasarkan tabel diatas, bangunan yang mendekati suhu neral adalah bangunan kombinasi 2 (atap bambu dan dinding balsa). Kondisi ini dipengaruhi oleh selubung bangunan dan material pada selubung bangunan. Dalam kasus ini penggunaan material

bambu pada atap lebih baik dibandingkan material genteng tanah liat, dan penggunaan material balsa lebih baik dibandingkan material batu bata.

4.10.3. OTTV dan RTTV

1. OTTV

Nilai OTTV adalah harga perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki orientasi tertentu. Jadi semakin rendah nilainya maka upaya konservasi energi lebih optimal. SNI memberikan ketetapan nilai OTTV pada bangunan sebesar lebih kecil/sama dengan 45 Watt/m². Berikut selisih nilai OTTV masing-masing objek dengan ketentuan SNI.

Tabel 4. 186. Selisih nilai OTTV masing-masing objek dengan SNI

Nama Objek		OTTV	SNI	Selisih
Eksisting		18.40	45	26.60
Rekomendasi		11.78	45	33.22
Bambu	Alternatif 1	11.78	45	33.22
	Alternatif 2	8.58	45	36.42
	Alternatif 3	8.58	45	36.42
Balsa	Alternatif 1	11.78	45	33.22
	Alternatif 2	6.75	45	38.25
	Alternatif 3	6.75	45	38.25
Kombinasi	Alternatif 1	8.58	45	36.42
	Alternatif 2	6.75	45	38.25

Berdasarkan tabel 4. 186, OTTV objek rekomendasi lebih rendah dibandingkan dengan objek asli. Berikut penjabaran faktor yang mempengaruhi penurunan nilai OTTV pada objek asli dengan objek rekomendasi.

Tabel 4. 187. Perbandingan perhitungan nilai OTTV (asli dengan rekomendasi)

Objek	Dinding	WWR	α	Uw	TDek	SC	SF	Uf	A
Asli	Depan	0.403	0.595	1.357	12	0.030	176	3.004	24.060
	Belakang	0.080	0.595	1.357	12	0.500	113	3.004	26.260
	Kiri	0.131	0.595	1.357	12	0.500	211	3.004	40.150
	Kanan	0.131	0.595	1.357	12	0.500	112	3.004	40.150
Rekomendasi	Depan	0.527	0.595	1.357	12	0.000	176	3.004	17.270
	Belakang	0.080	0.595	1.357	12	0.500	113	3.004	26.260
	Kiri	0.203	0.595	1.357	12	0.000	211	3.004	43.280
	Kanan	0.203	0.595	1.357	12	0.000	112	3.004	43.280

Tabel 4. 188. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV (asli dengan rekomendasi)

Objek	Dinding	WWR			SC	
		Bidang	Bukaan	Total	Bukaan Terteduhi	
Asli	Depan	14.37	9.69	24.06	9.1	
	Belakang	24.16	2.1	26.26	0	
	Kiri	34.9	5.25	40.15	0	
	Kanan	34.9	5.25	40.15	0	
Rekomendasi	Depan	8.17	9.1	17.27	9.1	
	Belakang	24.16	2.1	26.26	0	
	Kiri	34.49	8.79	43.28	8.79	
	Kanan	34.49	8.79	43.28	8.79	

Jadi, penurunan nilai OTTV rekomendasi dipengaruhi pada nilai perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding (WWR), nilai koefisien peneduh dari *system fenestrasi* (SC), dan luas seluruh bidang (A). Masing-masing nilai tersebut dipengaruhi oleh luas bidang dinding, luas bukaan, luas total dinding, dan luas bukaan yang terteduhi.

Berdasarkan tabel 4. 186, OTTV terendah adalah balsa 2, balsa 3, dan kombinasi 2. Hal ini disebabkan jenis material penyusun dinding yang menggunakan balsa. Berikut penjabaran faktor yang mempengaruhi nilai OTTV pada material batu bata, bambu, dan balsa.

Tabel 4. 189. Perbandingan perhitungan nilai OTTV (bata, bambu, dan balsa)

Material	Dinding	WWR	α	Uw	TDek	SC	SF	Uf	A
Bata	Depan	0.527	0.595	1.357	12	0.000	176	3.004	17.270
	Belakang	0.080	0.595	1.357	12	0.500	113	3.004	26.260
	Kiri	0.203	0.595	1.357	12	0.000	211	3.004	43.280
	Kanan	0.203	0.595	1.357	12	0.000	112	3.004	43.280
Bambu	Depan	0.527	0.680	0.547	15	0.000	176	3.004	17.270
	Belakang	0.080	0.680	0.547	15	0.500	113	3.004	26.260
	Kiri	0.203	0.680	0.547	15	0.000	211	3.004	43.280
	Kanan	0.203	0.680	0.547	15	0.000	112	3.004	43.280
Balsa	Depan	0.527	0.680	0.316	15	0.000	176	3.004	17.270
	Belakang	0.080	0.680	0.316	15	0.500	113	3.004	26.260
	Kiri	0.203	0.680	0.316	15	0.000	211	3.004	43.280
	Kanan	0.203	0.680	0.316	15	0.000	112	3.004	43.280

Tabel 4. 190. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV (bata, bambu, dan balsa)

Material	Dinding	α	Uw	TDek	
		Warna	Bahan	Conductivity	Density
Bata		Putih	Bata dengan Plester		
	Depan	0.3	0.89	0.52	150
	Belakang	0.3	0.89	0.52	150
	Kiri	0.3	0.89	0.52	150
	Kanan	0.3	0.89	0.52	150
Bambu		Kuning	Kayu Permukaan Halus		
	Depan	0.58	0.78	0.18	60
	Belakang	0.58	0.78	0.18	60
	Kiri	0.58	0.78	0.18	60
	Kanan	0.58	0.78	0.18	60
Balsa		Kuning	Kayu Permukaan Halus		
	Depan	0.58	0.78	0.1	13
	Belakang	0.58	0.78	0.1	13
	Kiri	0.58	0.78	0.1	13
	Kanan	0.58	0.78	0.1	13

Jadi, penurunan nilai OTTV pada material kayu dipengaruhi pada nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* dinding masif (Uw), dan nilai beda temperatur ekuivalen (TDek). Masing-masing nilai tersebut dipengaruhi oleh warna, bahan, *conductivity*, dan *density*.

2. RTTV

Nilai RTTV adalah harga perpindahan termal menyeluruh pada atap yang memiliki orientasi tertentu. Jadi semakin rendah nilainya maka upaya konservasi energi lebih optimal. SNI memberikan ketetapan nilai RTTV pada bangunan sebesar lebih kecil/sama dengan 45 Watt/m². Berikut selisih nilai RTTV masing-masing objek dengan ketentuan SNI.

Tabel 4. 191. Selisih nilai RTTV masing-masing objek dengan SNI

Nama Objek		RTTV	SNI	Selisih
Eksisting		11.52	45	33.48
Rekomendasi		11.52	45	33.48
Bambu	Alternatif 1	10.88	45	34.12
	Alternatif 2	11.52	45	33.48
	Alternatif 3	10.88	45	34.12
Balsa	Alternatif 1	8.16	45	36.84
	Alternatif 2	11.52	45	33.48
	Alternatif 3	8.16	45	36.84
Kombinasi	Alternatif 1	8.16	45	36.84
	Alternatif 2	10.88	45	34.12

Berdasarkan tabel 4. 191, RTTV terendah adalah balsa 2, balsa 3, dan kombinasi 2. Hal ini disebabkan jenis material penyusun atap yang menggunakan balsa. Berikut penjabaran faktor yang mempengaruhi nilai RTTV pada material batu bata, bambu, dan balsa.

Tabel 4. 192. Perbandingan perhitungan nilai RTTV (bata, bambu, dan balsa)

Material	α	Ar	As	Ur	TDek	SC	SF	Us	A
Genting Tanah liat	0.72	141.7	0	0.8	20	0	316	2.68	141.7
Bambu	0.68	141.7	0	0.8	20	0	316	2.68	141.7
Balsa	0.68	141.7	0	0.5	24	0	316	2.68	141.7

Tabel 4. 193. Faktor yang mempengaruhi nilai RTTV (bata, bambu, dan balsa)

Material	α	Ur	TDek
	Warna	Bahan	Density
Genting Tanah liat	Coklat Tua	Genting Tanah Liat	
	0.88	0.56	150
Bambu	Kuning medium	Kayu Permukaan Halus	
	0.58	0.78	60
Balsa	Kuning medium	Kayu Permukaan Halus	
	0.58	0.78	13

Jadi, penurunan nilai RTTV pada material kayu dipengaruhi pada nilai *absorbtansi* radiasi matahari (α), nilai *transmitansi thermal* pada atap (Ur), dan beda temperatur ekuivalen (TDek). Masing-masing nilai tersebut dipengaruhi oleh warna, bahan, dan *density*.

3. OTTV Total

Nilai OTTV total adalah harga perpindahan termal menyeluruh pada dinding dan atap yang memiliki orientasi tertentu. Jadi semakin rendah nilainya maka upaya konservasi energi lebih optimal. SNI memberikan ketetapan nilai OTTV pada bangunan sebesar lebih kecil/sama dengan 45 Watt/m². Berikut selisih nilai OTTV masing-masing objek dengan ketentuan SNI.

Tabel 4. 194. Selisih nilai OTTV total masing-masing objek dengan SNI

Nama Objek		OTTV	RTTV	Total	SNI	Selisih
Eksisting		18.396	11.520	14.818	45	30.182
Rekomendasi		11.781	11.520	11.645	45	33.355
Bambu	Alternatif 1	11.781	10.880	11.311	45	33.689
	Alternatif 2	8.584	11.520	10.115	45	34.885
	Alternatif 3	8.584	10.880	9.781	45	35.219
Balsa	Alternatif 1	11.781	8.160	9.893	45	35.107
	Alternatif 2	6.749	11.520	9.236	45	35.764
	Alternatif 3	6.749	8.160	7.485	45	37.515
Kombinasi	Alternatif 1	8.584	8.160	8.363	45	36.637
	Alternatif 2	6.749	10.880	8.903	45	36.097

Berdasarkan tabel 4. 194, OTTV total terendah adalah balsa 3. Hal ini disebabkan jenis material penyusun atap dan dinding menggunakan balsa. Nilai OTTV total dipengaruhi oleh nilai *absorbtansi* radiasi matahari dinding (α_w), *transmitansi thermal*

dinding masif (U_w), perbandingan luas jendela dengan luas total dinding yang berorientasi tertentu (WWR), beda temperatur ekuivalen pada dinding (TD_{ekw}), koefisien peneduh pada jendela (SC_w), radiasi matahari dinding (SF_w), *transmitansi thermal* fenestrasi dinding (U_{fw}), dan beda temperatur antara ruang luar dengan ruang dalam (ΔT), *absorbtansi* radiasi matahari atap (α_r), luas atap tak tembus cahaya (A_r), luas atap tembus cahaya (A_s), luas atap total (A), *transmitansi thermal* atap tak tembus cahaya (U_r), beda temperatur ekuivalen atap (TD_{ekr}), koefisien peneduh pada atap tembus cahaya (SC_r), radiasi matahari atap (SF_r), dan *transmitansi thermal* atap tembus cahaya (U_s). Berikut persentase pengaruh masing-masing nilai dan sub-nilai yang mempengaruhi nilai OTTV total berdasarkan hasil penjabaran rumus yang ada di lampiran.

Tabel 4. 195. Persentase faktor yang mempengaruhi nilai OTTV total

Nilai Penyusun OTTV Total				%	Bidang	% Akhir			
I	T 1	T 2	T 3			I	T 1	T 2	T 3
OTTV				100	4	25			
	A_w			25	4		6.25		
	U_w			200	4		50		
		R_{ul}		10	4			2.5	
		R_{up}		10	4			2.5	
		R_{kw}		30	4			7.5	
			t_w	30	4				7.5
			K_w	100	4				25
	α_w			100	4		25		
		W_w		100	4			25	
		B_w		100	4			25	
	TD_{ekw}			100	4		25		
		Den_w		100	4			25	
	A_j			25	4		6.25		
	SC_w			100	4		25		
		SC_k		50	4			12.5	
		SC_{ej}		200	4			50	
			A_{tdj}	50	4				12.5
	SF_w			100	4		25		
		O_w		100	4			25	
	U_j			100	4		25		
		R_{ul}		10	4			2.5	
		R_{up}		10	4			2.5	
		R_{ck}		80	4			20	

	t k	80	4	20
	K k	100	4	25
ΔT		100	4	25
	T rd	100	4	25
	T rl	200	4	50
RTTV		100	1	100
A r		25	1	25
U r		200	1	200
Den r		200	1	200
α r		100	1	100
W r		100	1	100
B r		100	1	100
TDek r		100	1	100
Den r		100	1	100
A s		25	1	25
SC r		100	1	100
SC s		50	1	50
SC es		200	1	200
A td		50	1	50
SF w		100	1	100
O r		100	1	100
U s		100	1	100
R ul		10	1	10
R up		10	1	10
R cs		80	1	80
t s		80	1	80
K s		100	1	100
ΔT		100	1	100
T rd		100	1	100
T rl		200	1	200

Keterangan :

I = Induk, T 1 = Tingkat 1, T 2 = Tingkat 2, T 3 = Tingkat 3

OTTV = *Overall Thermal Transfer Value*

A w = Luas dinding, U w = *Transmitansi thermal* dinding, α w = Koefisien radiasi matahari dinding, TDek w = Beda temperatur ekuivalen dinding, A j = Luas jendela, SC w = Koefisien peneduh dinding, SF w = Radiasi matahari dinding, U j = Nilai *transmitansi thermal* jendela, ΔT = Beda temperatur ruang luar dengan ruang dalam.

R ul = *Resistansi thermal* permukaan luar, R up = *Resistansi thermal* permukaan dalam, Rk w = *Resistansi thermal* dinding, W w = Warna dinding, B w = Bahan dinding, Den w = *Density* dinding, SC k = Koefisien peneduh kaca, SC ej = Koefisien peneduh alat peneduh jendela, O w = Orientasi dinding, R ck = *Resistansi thermal* kaca, T rd = Suhu ruang dalam, T rl = Suhu ruang dalam

t_w = Tebal dinding, K_w = *Conductivity* dinding, A_{tdj} = Luas bukaan tidak terteduhi, t_k = Tebal kaca, K_k = *Conductivity* kaca

RTTV = *Roof Thermal Transfer Value*

A_r = Luas atap, U_r = Nilai *transmitansi thermal* atap, α_r = Koefisien radiasi matahari atap, $T_{Dek r}$ = Beda temperatur ekuivalen atap, A_s = Luas *skylight*, SC_r = Koefisien peneduh atap, SF_r = Radiasi matahari atap, U_s = *Transmitansi thermal skylight*.

$R_{k r}$ = *Resistansi thermal* atap, W_r = Warna atap, B_r = Bahan atap, Den_r = *Density* atap, SC_s = Koefisien peneduh *skylight*, SC_{es} = Koefisien peneduh alat peneduh *skylight*, O_r = Orientasi atap, R_{cs} = *Resistansi thermal skylight*, T_{rd} = Suhu ruang dalam, T_{rl} = Suhu ruang dalam

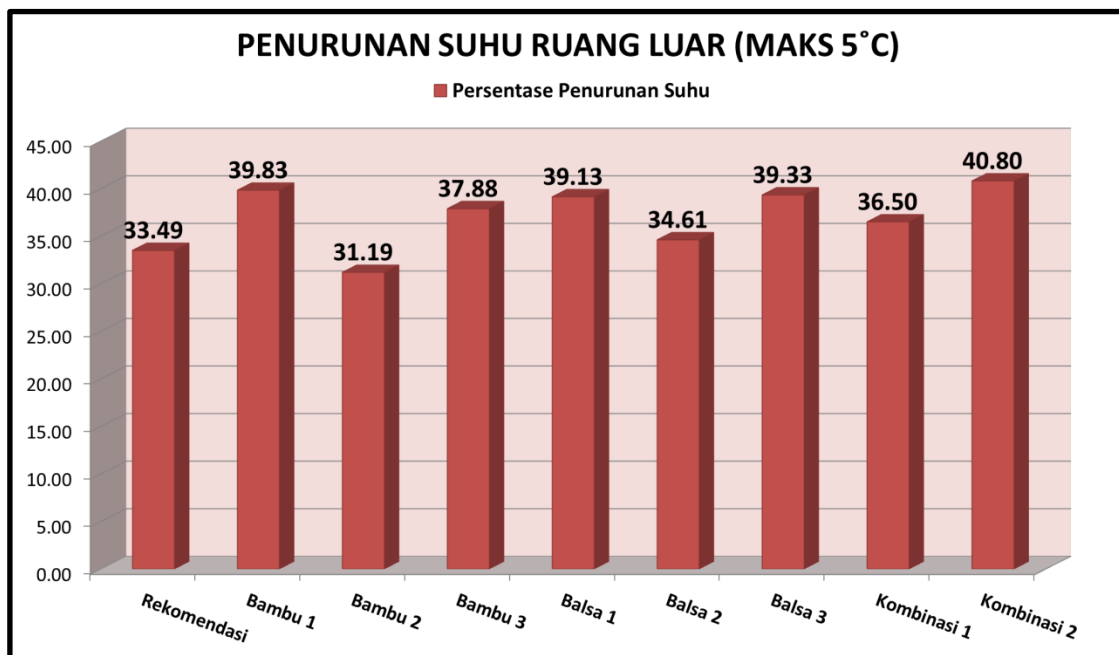
t_r = Tebal atap, K_r = *Conductivity* atap, A_{tds} = Luas *skylight* tidak terteduhi, t_s = Tebal *skylight*, K_s = *Conductivity skylight*.

Berdasarkan penjabaran di atas maka faktor yang mempengaruhi nilai OTTV total terletak pada masing-masing faktor yang mempengaruhi nilai OTTV dan RTTV. Faktor yang mempengaruhi nilai OTTV total adalah *transmitansi thermal* dinding (U_w), *conductivity* dinding (K_w), koefisien alat peneduh jendela (SC_{ej}), *conductivity* kaca (K_k), *transmitansi thermal* atap (U_r), *density* atap (Den_r), koefisien alat peneduh *skylight* (SC_{es}), *conductivity skylight* (K_s), dan suhu ruang luar (T_{rl}).

4.10.4. Persentase Evaluasi Hasil

Persentase evaluasi hasil adalah perbandingan objek rekomendasi dengan objek alternatif kayu. Persentase evaluasi hasil untuk menunjukkan perubahan dalam penerapan rekomendasi selubung bangunan dan meterial kayu. Ulasan persentase evaluasi hasil tidak menyertakan bangunan objek penelitian, karena objek penelitian menjadi skala pembanding persentase. persentase evaluasi hasil dari penelitian ini.

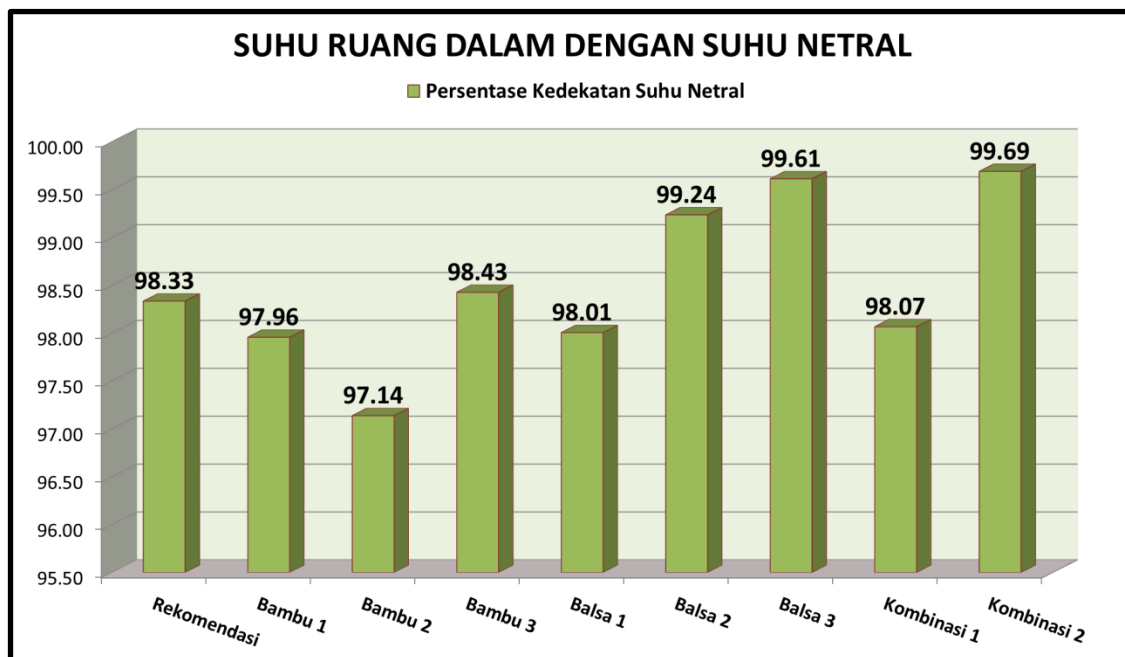
1. Penurunan suhu



Gambar 4. 43. Diagram persentase penurunan suhu ruang dalam (maks 5°C)

Penelitian memiliki tujuan menurunkan suhu ruang dalam sebesar 5°C dengan material kayu, akan tetapi terhambat dengan kondisi eksisting objek penelitian. Peneliti sudah melakukan upaya dengan perubahan faktor selubung bangunan dengan dasar teori selubung bangunan dan perubahan material penyusun selubung bangunan dengan teori *thermal properties material*. Meskipun tidak berhasil dalam menurunkan suhu ruang dalam sebesar 5°C, didapatlah alternatif yang mengalami penurunan maksimal. Sehingga, persentase alternatif yang mendekati penurunan suhu 5°C adalah alternatif kombinasi 2. Alternatif bambu 2 memiliki persentase penurunan suhu terendah. Alternatif kombinasi 1 memiliki persentase penurunan suhu yang mendekati rata-rata persentase penurunan suhu ruang luar tiap alternatif.

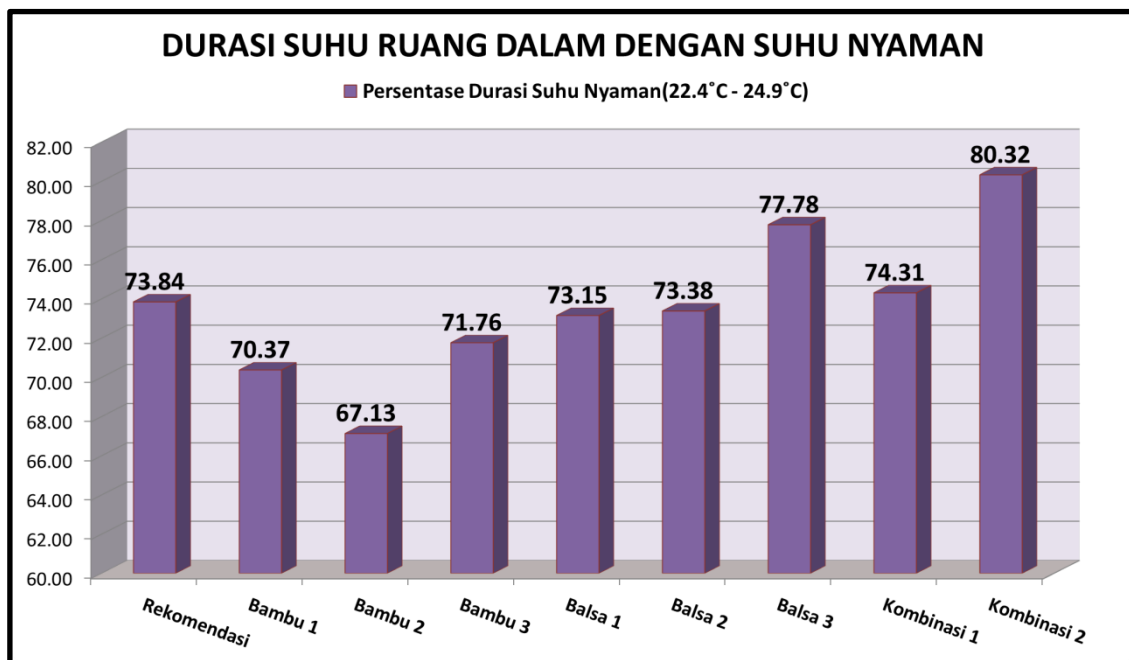
2. Suhu Netral



Gambar 4. 44. Diagram persentase kedekatan dengan suhu netral (24.9°C)

Penelitian ini menggunakan teori suhu netral sebagai dasar menentukan suhu nyaman penghuni. Setelah melakukan simulasi guna mengetahui suhu ruang dalam, suhu ruang dalam tiap alternatif diproyeksikan dengan suhu netral. Sehingga, didapatkanlah suhu ruang dalam tiap alternatif yang mendekati suhu netral. Alternatif yang paling mendekati suhu netral adalah alternatif kombinasi 2. Alternatif bambu 2 memiliki persentase kedekatan dengan suhu netral terjauh. Alternatif bambu 3 memiliki persentase kedekatan dengan suhu netral yang mendekati rata-rata persentase kedekatan suhu ruang dalam dengan suhu netral pada tiap alternatif.

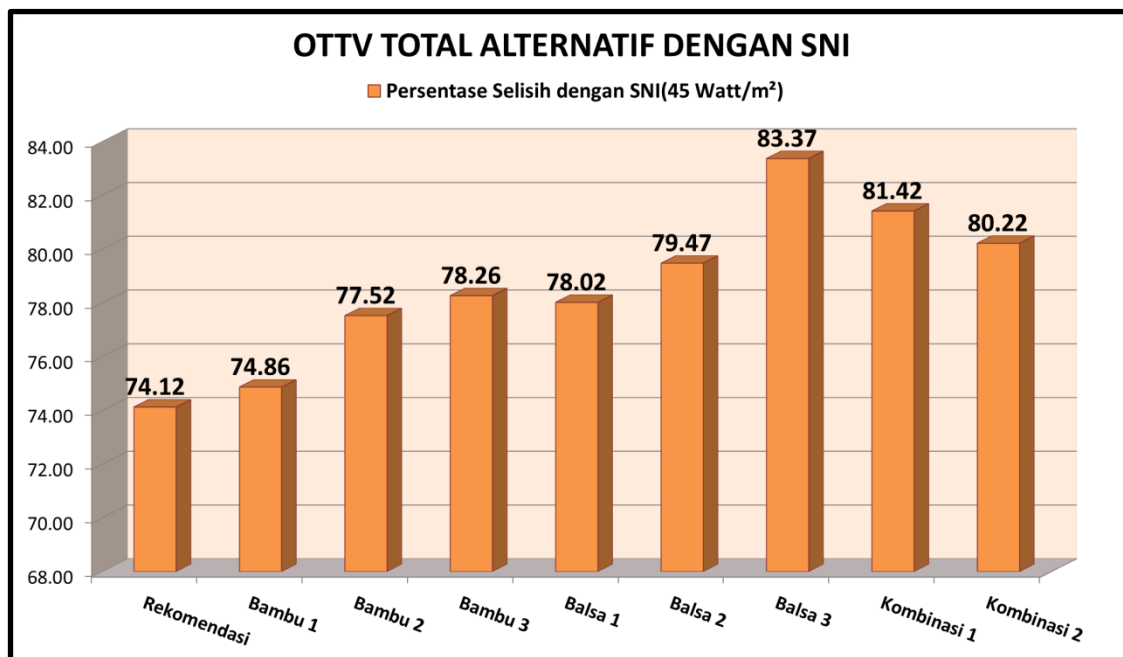
3. Durasi Suhu Netral



Gambar 4. 45. Diagram persentase durasi suhu nyaman (22.4°C – 24.9°C)

Berdasarkan teori suhu netral, peneliti berasumsi bahwa tingkat kenyamanan manusia berada pada zona bawah suhu nyaman. Peneliti menggunakan sistem score untuk mengetahui durasi suhu nyaman terbaik dengan menitikberatkan zona nyaman bawah sebagai suhu ruang dalam terbaik. Sehingga, didapatlah alternatif yang memiliki durasi suhu nyaman terbaik adalah alternatif kombinasi 2. Alternatif bambu 2 memiliki persentase durasi suhu nyaman bawah terendah. Alternatif balsa 2 memiliki persentase durasi suhu nyaman bawah yang mendekati rata-rata persentase durasi suhu nyaman bawah pada tiap alternatif.

4. OTTV Total

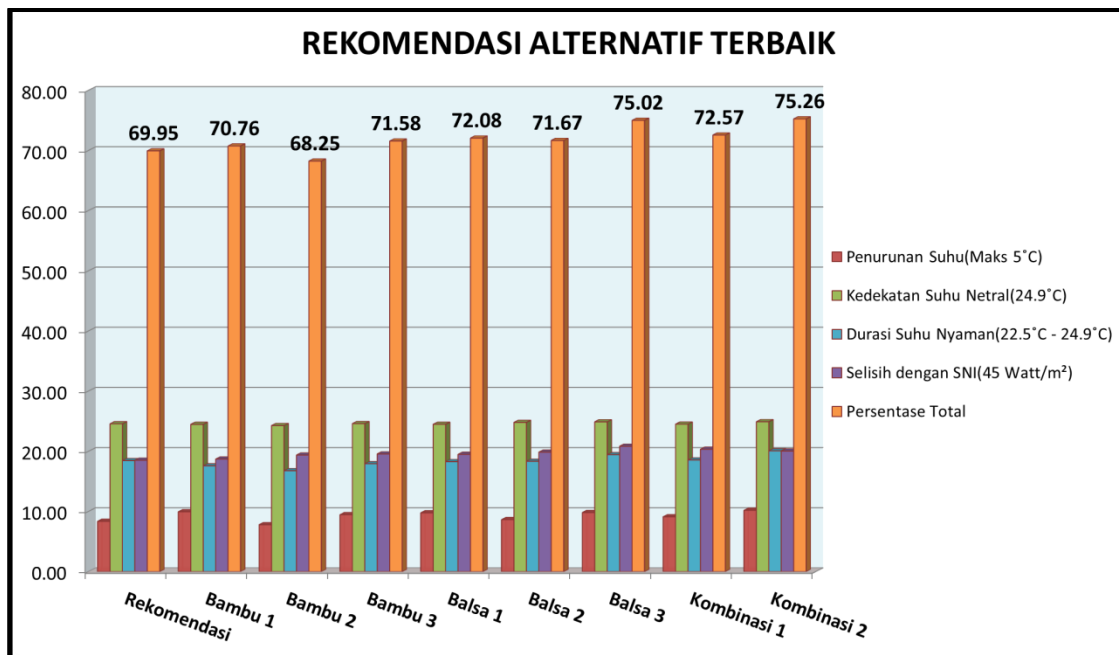


Gambar 4. 46. Persentase selisih dengan SNI (45 Watt/m²)

Standar Nasional Indonesia memberikan ketentuan bahwa upaya konservasi energi dinyatakan berhasil jika nilai perpindahan kalor selubung bangunan lebih kecil/sama dengan 45 Watt/m². Penelitian ini bertujuan memberikan rekomendasi desain rumah tinggal berkonservasi energi. Sehingga, didapatkan alternatif terbaik dalam berkonservasi energi. Alternatif yang berkonservasi energi secara optimal adalah alternatif balsa 3. Alternatif rekomendasi memiliki persentase selisih dengan SNI terendah. Alternatif bambu 3 memiliki persentase selisih dengan SNI yang mendekati rata-rata persentase selisih dengan SNI pada tiap alternatif.

4.11. Rekomendasi Evaluasi Hasil

Rekomendasi hasil evaluasi bertujuan untuk menyampaikan anjuran desain yang dapat digunakan dalam merencanakan rumah tinggal baru dan/atau merenovasi rumah tinggal yang dirasa kurang nyaman. Ulasan rekomendasi adalah kesimpulan akhir dari masing-masing evaluasi hasil simulasi dan hasil evaluasi. Ulasan rekomendasi tidak menyertakan bangunan objek penelitian, karena objek penelitian menjadi skala pembandingan persentase rekomendasi. Berikut rekomendasi akhir dari penelitian ini.



Gambar 4. 47. Diagram persentase tiap kriteria masing-masing alternatif

Penelitian ini bertujuan memberikan rekomendasi desain rumah tinggal dengan membandingkan material bambu dan balsa untuk dinding dan atap, dengan material batu bata untuk dinding dan genteng tanah liat untuk atap. Sehingga didapatkan alternatif yang mampu menurunkan suhu ruang dalam dengan optimal, memiliki suhu ruang dalam yang nyaman, memiliki durasi suhu nyaman yang lama, dan bangunan yang berkonservasi energi dengan optimal. Jadi, alternatif yang memenuhi kriteria tersebut adalah alternatif kombinasi 2. Alternatif bambu 2 memiliki persentase total masing-masing kriteria terendah. Alternatif balsa 1 memiliki persentase total masing-masing kriteria yang mendekati rata-rata persentase total masing-masing kriteria pada tiap alternatif.

4.12. Hasil Evaluasi

Berdasarkan evaluasi hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil dari penelitian ini. Hasil evaluasi dari penelitian ini adalah

1. Penurunan suhu pada ruang dalam dipengaruhi oleh selubung bangunan dan material properties bahan.
2. Penggunaan dinding berongga pada objek, penambahan *plafond* pada atap, penambahan lubang angin-angin, dan penambahan *shading device* pada objek dapat menurunkan suhu sebesar 1.68°C.
3. Dalam penelitian ini material yang dapat menurunkan suhu secara optimal adalah bambu untuk atap dan kayu balsa untuk dinding.
4. Penemuan yang didapat dalam penelitian ini adalah guna mendapatkan penurunan suhu maksimal maka perbandingan material pada selubung bangunan yang digunakan adalah *density* atap lebih besar dari *density* dinding, *specify heat* atap lebih besar dari *specify heat* dinding, dan *conductivity* atap lebih besar/sama dengan *conductivity* dinding.
5. Tingkat kenyamanan suhu dipengaruhi oleh selubung bangunan dan material penyusunnya.
6. Berdasarkan suhu netral, alternatif yang mendekati suhu netral adalah alternatif kombinasi 2. Alternatif kombinasi 2 dalam penelitian ini menggunakan material bambu untuk atap dan balsa untuk dinding.
7. Berdasarkan durasi suhu nyaman, alternatif yang terbaik adalah alternatif balsa 3. Alternatif balsa 3 dalam penelitian ini menggunakan material balsa untuk atap dan balsa untuk dinding.
8. Dalam penelitian ini, faktor yang mempengaruhi nilai OTTV tiap alternatif adalah warna material dinding, jenis material dinding, luas bukaan yang terteduh, *density* material, dan *conductivity* material. Faktor orientasi dinding tidak masuk dalam penelitian ini.

9. Dalam penelitian ini, faktor yang mempengaruhi nilai RTTV tiap alternatif adalah warna material atap, jenis material atap, *density* material, dan *conductivity* material. Faktor peneduh *skylight* tidak masuk dalam penelitian ini.
10. Tingkat keberhasilan dalam upaya konservasi energi dapat dilihat pada nilai OTTV total bangunan tersebut. Dalam penelitian ini menghasilkan penggunaan material balsa tanpa proses pengawetan pada atap lebih baik dibandingkan penggunaan genting tanah liat, dan penggunaan material kayu balsa tanpa proses pengawetan pada dinding lebih baik dibandingkan penggunaan batu bata.
11. Dalam penelitian ini, faktor yang mempengaruhi nilai OTTV total adalah transmitansi termal dinding, *conductivity* dinding, koefisien alat peneduh jendela, *conductivity* kaca, transmitansi termal atap, *density* atap, koefisien alat peneduh *skylight*, *conductivity skylight*, dan suhu ruang luar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan pada rumah tinggal yang berada di Desa Mojosari. Rumah tinggal tersebut mengalami suhu ruang diatas suhu normal atas sehingga penghuni merasa tidak nyaman dalam beraktifitas. Simulasi rekomendasi masing-masing material menggunakan suhu netral manusia sebagai skala pembanding dan nilai OTTV sebagai upaya konservasi energi.

Penelitian ini menghasilkan bahwa penggunaan material bambu pada atap lebih baik daripada penggunaan material genting tanah liat dalam mencapai kenyamanan suhu ruang dalam bangunan. Penggunaan material kayu balsa pada dinding lebih baik daripada penggunaan material batu bata dalam mencapai kenyamanan suhu. Karena tingkat kenyamanan suhu berbanding lurus dengan nilai OTTV, maka material yang cocok untuk rumah tinggal di Desa Mojosari adalah bambu sebagai atap dan kayu balsa sebagai dinding.

Tingkat kenyamanan dapat dicapai jika penurunan suhu ruang dalam lebih optimal. Penurunan suhu pada ruang dalam dipengaruhi oleh selubung bangunan dan jenis material bangunan. Penggunaan material kayu sebagai selubung bangunan lebih baik dibandingkan penggunaan material konvensional. Kondisi ini disebabkan material kayu memiliki sifat *higrokopis* sehingga nilai *konduktivitas* pada kayu dipengaruhi oleh tingkat kekerasan kayu.

4.2. Penemuan yang Diperoleh

Penelitian yang dilakukan di Desa Mojosari dengan objek rumah tinggal yang menggunakan material gentingtanah liat pada atap dan batu bata pada dinding. Penelitian ini menghasilkan penemuan yang dianggap baru oleh peneliti yaitu:

1. Penggunaan dinding berongga, penambahan plafond pada atap, penambahan lubang angin-angin, dan penambahan *shading device* pada objek dapat menurunkan suhu sebesar 1.68°C.
2. Guna mendapatkan penurunan suhu maksimal maka perbandingan material pada selubung bangunan yang digunakan adalah *density* atap lebih besar dari *density* dinding, *specify heat* atap lebih besar dari *specify heat* dinding, dan *konduktivity* atap lebih besar/sama dengan *konduktivity* dinding.
3. Tingkat keberhasilan dalam upaya konservasi energi dapat dilihat pada nilai OTTV bangunan tersebut. Dalam penelitian ini menghasilkan penggunaan material bambu tanpa proses pengawetan pada atap lebih baik dibandingkan penggunaan genting tanah liat, dan penggunaan material kayu balsa tanpa proses pengawetan pada dinding lebih baik dibandingkan penggunaan batu bata.

4.3. Saran

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan/referensi bagi penelitian selanjutnya dalam mencari karakteristik material terbaik yang mampu menurunkan suhu dari segi *material properties* yang mampu memberikan kenyamanan suhu sesuai dengan standar kenyamanan baik dari Standar Nasional Indonesia maupun referensi standar kenyamanan lainnya dan penurunan suhu maksimal. Penelitian ini masih memiliki potensi untuk dikembangkan lebih dalam, hal ini disebabkan masih banyak alternatif pemilihan material alami yang belum diketahui sifat *material properties*-nya. Beberapa contohnya yaitu *material properties* batu kapur, batu marmer, dll.

Terdapat beberapa kendala dalam proses penelitian diantaranya, kurangnya referensi terhadap beberapa *material properties* sehingga membatasi dalam alternatif pemilihan material untuk dijadikan bahan simulasi rekomendasi. Untuk penelitian selanjutnya yang dianjurkan meliputi :

1. Menggabungkan atau menambahkan beberapa lapisan material lain dan memiliki permukaan kasar pada selubung bangunan dengan meletakkannya pada sisi luar atau dalam untuk melihat pengaruhnya dalam bangunan.

2. Menggabungkan atau menambahkan ornamen-ornamen pada selubung bangunan dengan meletakkannya pada sisi luar atau dalam untuk melihat pengaruhnya dalam bangunan.
3. Menambahkan elemen material komposit seperti dinding *calciboard* atau material *fabrikasi* yang dapat didaur ulang atau digunakan kembali. Guna memenuhi perkembangan kebutuhan ruang fungsi pada hunian.